

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-147146

(43)Date of publication of application : 29.05.2001

(51)Int.Cl.

G01F 23/28  
B41J 2/175  
G01F 23/22  
G01F 23/64  
H01L 41/09  
H01L 41/187

(21)Application number : 2000-147057

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 18.05.2000

(72)Inventor : TSUKADA KENJI  
KANETANI MUNEHIDE  
USUI MINORU

(30)Priority

Priority number : 11139683 Priority date : 20.05.1999 Priority country : JP  
11256522 10.09.1999

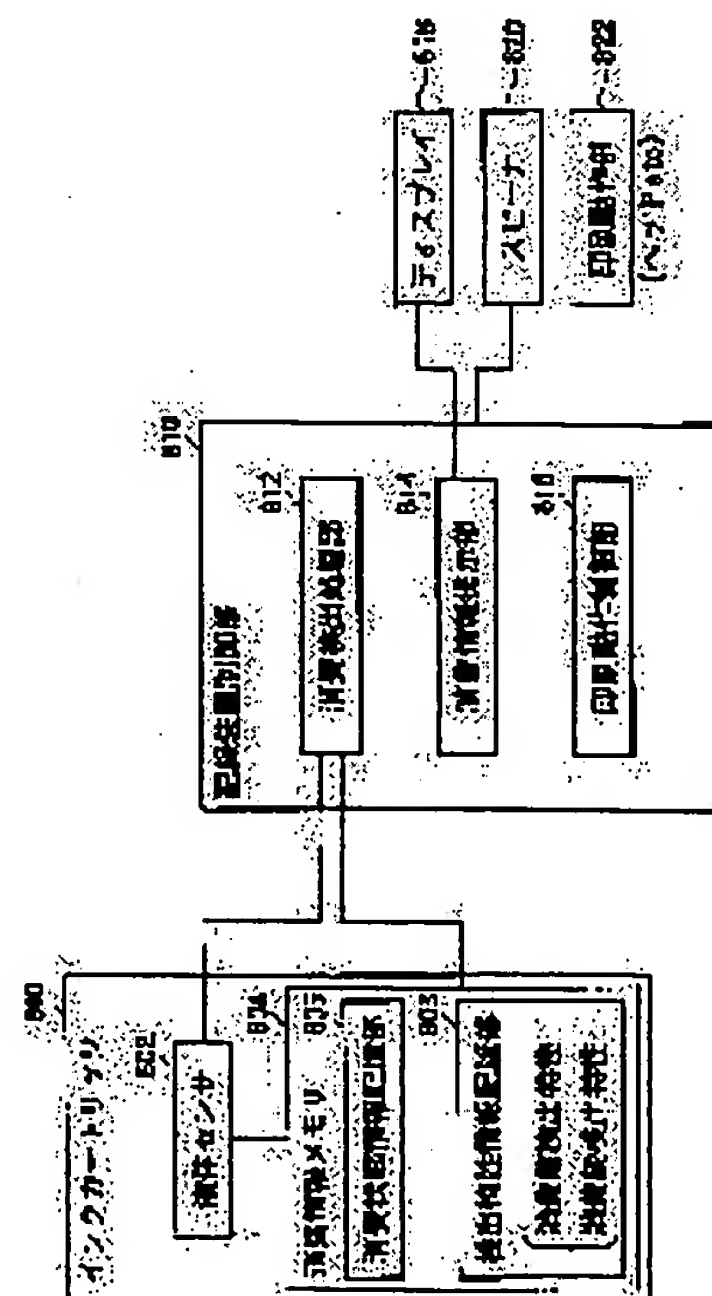
JP

## 54) LIQUID CONTAINER AND LIQUID CONSUMPTION DETECTOR

57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suitably use a detected result in detection of fluid consumption using a piezoelectric element to improve detection ability.

SOLUTION: An ink cartridge 800 serving as a liquid container is provided with a liquid sensor 802 having a piezoelectric element for detecting a consuming condition of liquid inside a container and a consumption information memory 804 serving as a recording means. The consumption information memory 804 is a rewritable memory for storing consumption-related information linked to detection of a consuming condition by means of the liquid sensor 802. The consumption-related information is, e.g. consuming state information of the detection result. Even if the ink cartridge 800 is detached, previous consuming state information can be used. The consumption-related information may be a detected characteristic to be detected in compliance with a liquid consuming condition. On the basis of the detected characteristic, a consuming



state is detected by means of the liquid sensor 802. In this way, a consuming state can be detected without being influenced by an individual difference of the ink cartridge 800.

---

## LEGAL STATUS

Date of request for examination]

Date of sending the examiner's decision of rejection]

Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

Date of final disposal for application]

Patent number]

Date of registration]

Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-147146

(P2001-147146A)

(43) 公開日 平成13年5月29日 (2001.5.29)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup>            | 識別記号 | F I           | テーマコード(参考)  |
|--------------------------------------|------|---------------|-------------|
| G 0 1 F 23/28                        |      | G 0 1 F 23/22 | H 2 C 0 5 6 |
| B 4 1 J 2/175                        |      | 23/64         | Z 2 F 0 1 3 |
| G 0 1 F 23/22                        |      | 23/28         | S 2 F 0 1 4 |
| 23/64                                |      | B 4 1 J 3/04  | 1 0 2 Z     |
| H 0 1 L 41/09                        |      | H 0 1 L 41/08 | U           |
| 審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 44 頁) 最終頁に続く |      |               |             |

(21) 出願番号 特願2000-147057(P2000-147057)

(22) 出願日 平成12年5月18日(2000.5.18)

(31) 優先権主張番号 特願平11-139683

(32) 優先日 平成11年5月20日(1999.5.20)

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(31) 優先権主張番号 特願平11-256522

(32) 優先日 平成11年9月10日(1999.9.10)

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 塚田 憲児

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(72) 発明者 金谷 宗秀

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

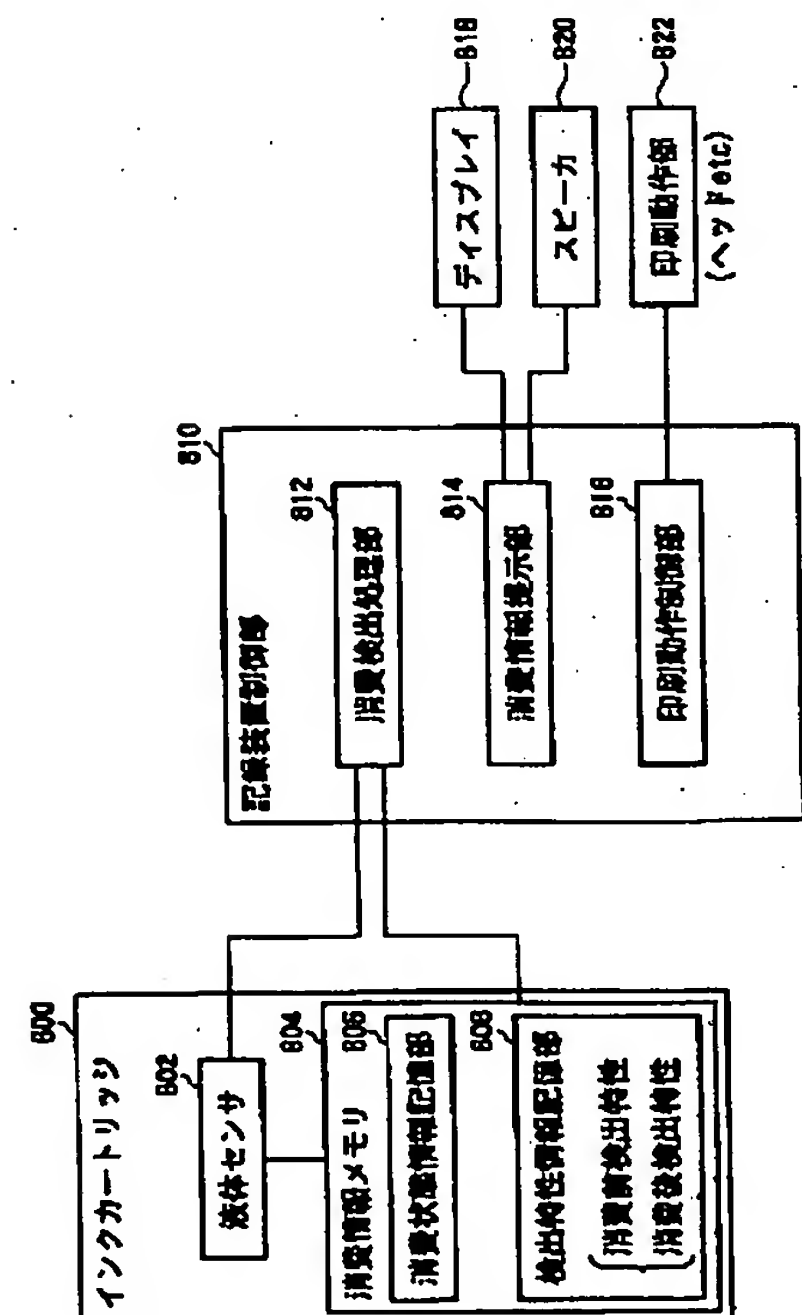
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液体容器および液体消費検出装置

(57) 【要約】

【課題】 圧電素子を利用する液体消費検出に関し、検出結果を好適に利用可能とし、また、検出能力の向上を可能とする。

【解決手段】 液体容器としてのインクカートリッジ800は、容器内の液体の消費状態を検出する圧電素子をもつ液体センサ802と、記憶手段としての消費情報メモリ804とを備える。消費情報メモリ804は、液体センサ802を用いた消費状態の検出に関連する消費関連情報を記憶する書換可能なメモリである。消費関連情報は例えば検出結果の消費状態情報である。インクカートリッジ800が脱着されても、以前の消費状態情報を利用できる。消費関連情報は、液体の消費状態に応じて検出されるべき検出特性でもよい。この検出特性に基づき、液体センサ802を使って消費状態が検出される。インクカートリッジ800の個体差の影響を受けずに消費状態を検出できる。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液体利用装置に装着される液体容器であって、  
圧電素子を有する液体センサと、  
記憶手段と、  
を備えることを特徴とする液体容器。

【請求項2】 前記記憶手段が消費関連情報を記憶することを特徴とする請求項1に記載の液体容器。

【請求項3】 前記消費関連情報は、前記液体センサを用いて得られた消費状態情報を含むことを特徴とする請求項1に記載の液体容器。

【請求項4】 前記消費関連情報は、液体センサを用いて消費状況を取得する場合に利用する検出特性情報を含むことを特徴とする請求項2に記載の液体容器。

【請求項5】 前記記憶手段は、前記検出特性情報として、前記液体容器内の液体の消費を開始する前の検出特性を示す消費前検出特性情報を記憶していることを特徴とする請求項4に記載の液体容器。

【請求項6】 前記記憶手段は、前記検出特性情報として、液体が所定の検出目標まで消費されたときに検出される予定の検出特性を示す消費後検出特性情報を記憶していることを特徴とする請求項4～5のいずれかに記載の液体容器。

【請求項7】 前記検出特性情報は、音響インピーダンスの大きさを表す共振周波数の情報であることを特徴とする請求項5～6に記載の液体容器。

【請求項8】 前記記憶手段は、インク種情報を記憶することを特徴とする請求項1に記載の液体容器。

【請求項9】 前記インク種情報は、液体センサを用いて取得した情報であることを特徴とする請求項8に記載の液体容器。

【請求項10】 前記記憶手段は、前記液体利用装置に前記液体容器が装着された後に、前記検出特性情報の測定値を格納することを特徴とする請求項4～7のいずれかに記載の液体容器。

【請求項11】 前記記憶手段は、前記液体容器の製造過程において、前記検出特性情報の測定値を格納することを特徴とする請求項4～7のいずれかに記載の液体容器。

【請求項12】 前記記憶手段は、消費前情報を記憶することを特徴とする請求項1に記載の液体容器。

【請求項13】 前記記憶手段は、消費変化量情報を記憶することを特徴とする請求項1に記載の液体容器。

【請求項14】 前記液体センサと前記記憶手段とは同一の基板上に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の液体容器。

【請求項15】 前記基板は、前記液体容器から液体を供給する供給口の近傍に配置されていることを特徴とする請求項14に記載の液体容器。

【請求項16】 前記液体センサと取付構造体が一体化

2

された取付モジュール体が前記基板に装着されていることを特徴とする請求項14または15に記載の液体容器。

【請求項17】 前記基板を前記液体容器に対して位置決めする位置決め構造を含むことを特徴とする請求項14～16のいずれかに記載の液体容器。

【請求項18】 前記液体センサにより、音響インピーダンスの変化に基づいて液体消費状態が検出されることを特徴とする請求項1～17のいずれかに記載の液体容器。

【請求項19】 前記液体センサは残留振動状態を示す信号を出力し、残留振動状態が液体消費状態に応じて変化することに基づいて液体消費状態が検出されることを特徴とする請求項18に記載の液体容器。

【請求項20】 前記記憶手段は半導体メモリを含むことを特徴とする請求項1～19のいずれかに記載の液体容器。

【請求項21】 請求項1～20のいずれかに記載の液体容器において、前記液体容器は、インクジェット記録装置に装着されるインクカートリッジであることを特徴とする液体容器。

【請求項22】 前記記憶手段は書換可能であることを特徴とする請求項1に記載の液体容器。

【請求項23】 前記記憶手段は液体容器に一体に取り付けられていることを特徴とする請求項1に記載の液体容器。

【請求項24】 前記記憶手段はインクに関する情報を記憶することを特徴とする請求項1に記載の液体容器。

【請求項25】 基板と、  
圧電素子を有し前記基板の第1の位置に装着されるセンサと、

前記基板の第2の位置に装着される記憶手段と、  
を備えることを特徴とする液体検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音響インピーダンスの変化を検出することで、その中でも特に共振周波数の変化を検出することで、液体を収容する液体容器内の液体の消費状態を検知するための圧電装置が備えられた液体容器に関し、さらに詳しくは、圧力発生手段により圧力発生室のインクを印刷データに対応させて加圧してノズル開口からインク滴を吐出させて印刷するインクジェット記録装置に適用されるインクカートリッジに備えられ、インクカートリッジ内のインクの消費状態を検出する圧電装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】本発明が適用される液体容器として、インクジェット式記録装置に装着されるインクカートリッジを例にとって説明する。一般にインクジェット記録装置には、圧力発生室を加圧する圧力発生手段と、加圧さ

50



(3)

3

れたインクをノズル開口からインク滴として吐出するノズル開口とを備えたインクジェット式記録ヘッドが搭載されたキャリッジと、流路を介して記録ヘッドに供給されるインクを収容するインクタンクとを備えており、連続印刷が可能のように構成されている。インクタンクはインクが消費された時点で、ユーザが簡単に交換できるように、記録装置に対して着脱可能なカートリッジとして構成されているものが一般的である。

【0003】従来、インクカートリッジのインク消費の管理方法として、記録ヘッドによって吐出されるインク滴のカウント数と、印字ヘッドのメンテナンス工程で吸引されたインク量とをソフトウェアにより積算し、計算上でインク消費を管理する方法や、インクカートリッジに直接液面検出用の電極を2本取付けることによって、実際にインクが所定量消費された時点を検知することでインク消費を管理する方法などが知られていた。

【0004】しかしながら、ソフトウェアによりインク滴の吐出数や吸引されたインク量を積算してインク消費を計算上で管理する方法は、使用環境により、例えば使用室内の温度や湿度の高低、インクカートリッジの開封後の経過時間、ユーザサイドでの使用頻度の違いなどによって、インクカートリッジ内の圧力やインクの粘度が変化してしまい、計算上のインク消費量と実際の消費量との間に無視できない誤差が生じてしまうという問題があった。また同一カートリッジを一旦取外し、再度装着した場合には積算されたカウント値は一旦リセットされてしまうので、実際のインク残量がまったくわからなくなってしまうという問題もあった。

【0005】一方、電極によりインクが消費された時点进行管理する方法は、インク消費のある一点の実量を検出できるため、インク残量を高い信頼性で管理できる。しかしながら、インクの液面を検出するためにインクは導電性でなくてはならず、よって使用されるインクの種類が限定されてしまう。また、電極とインクカートリッジとの間の液密構造が複雑化する問題がある。さらに、電極の材料として、通常は導電性が良く耐腐食性も高い貴金属を使用するので、インクカートリッジの製造コストがかさむという問題もあった。さらに、2本の電極をそれぞれインクカートリッジの別な場所に装着する必要があるため、製造工程が多くなり結果として製造コストがかさんでしまうという問題もあった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明は、上記の課題を解決することのできる、液体の消費状態を正確に検出でき、かつ複雑なシール構造を不要とした液体容器を提供することを目的とする。また、本発明の他の目的は、インクの消費状態を正確に検出でき、かつ複雑なシール構造を不要としたインクカートリッジを提供することにある。

【0007】本発明は特に振動を利用して液体残量を検

4

出する技術を提供するとともに、そうした検出技術を改良する。本発明は、検出結果の好適な利用を可能とし、また、検出精度の向上を可能とする。なお、本発明は、インクカートリッジには限定されず、その他の液体容器の液体検出にも適用可能である。

【0008】上記の目的は特許請求の範囲における独立項に記載の特徴の組み合わせにより達成される。また従属項は本発明の更なる有利な具体例を規定する。

【0009】

10 【課題を解決するための手段】本発明のある態様は、液体利用装置に装着される液体容器である。典型的には、液体利用装置がインクジェット記録装置であり、液体容器がインクカートリッジである。本発明の液体容器は、圧電素子を有する液体センサと、記憶手段と、を備える。好ましくは、容器内の液体の消費状態に応じた圧電素子の振動を示す検出信号を生成する。記憶手段は液体容器に関する情報を記憶する。記憶手段は好ましくは消費情報メモリであり、消費情報メモリは書換可能であり、液体センサを用いた消費状態の検出に関連する消費  
20 関連情報を記憶する。圧電素子を使うことで、液漏れもなく適切に消費状態を検出できる。圧電素子と関連づけられる記憶手段を備えたことにより、各液体容器に、その液体容器で必要な消費関連情報をもたせることができる。

【0010】消費関連情報は、前記液体センサを用いて得られた消費状態情報でもよい。例えば、液体を途中まで消費した状態で液体容器が液体利用装置から取り外されたとする。その液体容器が再度装着されたとき、または別の装置に装着されたとき、記憶手段から消費状態を  
30 読み出して利用できる。すなわち容器の脱着に伴って検出結果が失われるのを回避できる。そして消費状態をユーザに知らせたり、消費状態に基づく制御ができる。このように、本発明によれば、検出結果の好適な利用が可能となる。記憶手段は、液体センサが検出した消費状態に加えて、印刷量から推定した消費状態を記憶してもよい。

【0011】また、消費関連情報は、液体センサを用いて消費状況を取得する場合に利用する検出特性情報でもよく、好ましくは消費状態に応じて検出されるべき情報  
40 である。検出特性情報に基づいて液体センサを用いて消費状態が検出される。検出特性情報は、音響インピーダンスを示す情報、好ましくは共振周波数の情報でもよい。例えば、インクジェット記録装置の制御コンピュータが検出処理機能をもつとする。この制御コンピュータは、インクカートリッジの装着時に、カートリッジから検出特性情報を入手すればよい。

【0012】本発明は、特に、個々の液体容器の検出特性の相違に対して有利である。容器形状のばらつきや他の種々の要因により、液体容器に備えられたセンサの検出特性は容器ごとに異なる。そこで、好ましくは、各容  
50

(4)

5

器に固有の検出特性が測定され、記憶手段に格納される。この検出特性を用いることにより、容器間の特性のばらつきによる影響を低減でき、検出精度を向上できる。

【0013】検出特性情報は、液体容器内の液体の消費を開始する前の検出特性（音響インピーダンスなど）を示す消費前検出特性情報でもよい。また、検出特性情報は、液体が所定の検出目標まで消費されたときに検出される予定の検出特性を示す消費後検出特性情報でもよい。もちろん、消費前検出特性情報と消費後検出特性情報を両方記憶しておいてもよい。

【0014】記憶手段（消費情報メモリ）は、液体容器の液体を使用する装置に液体容器が装着された後に、検出特性情報の測定値を格納してもよい。例えば、インクジェット記録装置にインクカートリッジが装着されたとき、その直後に液体センサを用いて音響インピーダンスが検出される。その測定値が消費情報メモリに格納され、インク使用開始後は検出特性情報として利用される。予め用意された検出特性が、測定値に基づいて修正されてもよい。こうした初期の調整により、容器の個体差に基づくばらつきを適切に吸収でき、検出精度の向上が図れる。

【0015】記憶手段（消費情報メモリ）は、液体容器の製造過程において、検出特性情報の測定値を格納してもよい。製造過程で測定値を求めるので、液体注入前の検出特性の測定値も得られる。消費前検出特性情報と消費後検出特性情報の両方または一方を容易に格納できる。

【0016】記憶手段は、消費前情報を記憶してもよい。記憶手段は、消費変化量情報を記憶してもよい。

【0017】記憶手段はインクに関する情報を記憶してもよい。記憶手段はインク種情報を記憶してもよい。インク種情報は液体センサを用いて取得した情報でもよい。

【0018】液体センサと記憶手段は、液体容器上の異なる場所に配置されていてもよい。両構成は、液体容器上の同一壁面上で異なる場所に配置されていてもよい。両構成は、それぞれ、液体容器の異なる壁面に配置されていてもよい。液体センサの設置される壁面が、記憶手段（消費情報メモリ）の設置される壁面と直交していてもよい。

【0019】液体センサおよび記憶手段が、容器幅方向の中央に備えられていてもよい。両構成は、共に、液体容器から液体を供給する供給口の近傍であって、容器幅方向の中央に備えられていてもよい。装着時の容器の傾きに対する液体センサおよびメモリの位置ずれを小さくできるという利点を得られる。さらに、供給口の位置決め構成を利用して、液体センサおよびメモリの位置ずれを小さくできる。

【0020】液体センサと記憶手段とは同一の基板（消

6

費検出基板）上に設けられていてもよい。液体センサおよびメモリの取付が容易である。基板は、液体容器から液体を供給する供給口の近傍であって、容器幅方向の中央に配置されていてもよく、前述のように位置ずれを小さくできる。

【0021】また、液体センサと取付構造体が一体化された取付モジュール体が基板に装着されていてもよい。液体センサを外部から保護できる。また取付が容易になり、作業を簡略化でき、コストの低減を図れる。

10 【0022】基板を液体容器に対して位置決めする位置決め構造が設けられてもよい。取付位置精度を向上できる。

【0023】好ましくは液体消費に伴う音響インピーダンスの変化に基づいて消費状態が検出される。前記液体センサは、振動を発生した後の残留振動状態を示す信号を出力してもよい。残留振動状態が液体消費状態に応じて変化することに基づいて液体消費状態が検出される。

20 【0024】また前記液体センサは、前記液体容器の内部に向かって弾性波を発生するとともに、前記弾性波に対する反射波に応じた検出信号を生成してもよい。

【0025】記憶手段は、EEPROMのような半導体メモリでもよい。

【0026】本発明の別の態様は液体検出装置である。液体検出装置は、液体センサと記憶手段を有する。液体センサは圧電素子を有する。液体容器内の液体の消費状態に応じた圧電素子の振動を示す検出信号が生成される。記憶手段は書換可能であり、前記液体センサを用いた消費状態の検出に関連する消費関連情報を記憶する。

30 【0027】この態様では、液体センサおよびメモリの一方または両方が液体容器に備えられていなくてもよい。また、液体センサを用いた検出処理機能は、液体利用装置に配置されても、接続された外部の装置に配置されても、液体容器に配置されても、複数の場所に分けられてもよい。

【0028】例えば、液体センサは液体容器に備えられ、メモリおよび検出処理機能は液体利用装置に備えられたとする。検出処理機能は、液体容器を識別し、その液体容器に対応する消費関連情報を記憶手段から読み出して、使用する。

40 【0029】本発明の別の態様は、液体容器内の液体の消費状態を検出するために用いられる液体消費検出基板であって、センサと記憶手段を有する。

【0030】なお上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではなく、これらの特徴群のサブコンビネーションも又発明となりうる。

【0031】

50 【発明の実施の形態】以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態はクレームにかかる発明を限定するものではなく、又実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に



(5)

7

必須であるとは限らない。

【0032】まず、本実施形態の原理を説明する。本実施の形態では、インク容器内のインク消費状態を検出する技術に本発明が適用される。インクの消費状態は、圧電素子を有する液体センサを用いて検出される。液体センサは、インク消費状態に応じた圧電素子の振動を示す検出信号を生成する。

【0033】本実施の形態の特徴として、インクカートリッジには、液体センサに加えて消費情報メモリが設けられる。消費情報メモリは、本発明の液体容器用の記憶手段の一形態である。消費情報メモリは、書換可能であり、液体センサを用いた消費状態の検出に関連する消費関連情報を記憶する。消費情報メモリを備えたことにより、各液体容器に、その液体容器で必要な消費関連情報をもたせることができる。

【0034】消費関連情報は、例えば、液体センサを用いて得られた消費状態情報である。インクカートリッジがインクジェット記録装置から取り外され、再度装着されるとする。メモリに消費状態情報が保持されているので、消費状態情報の消失が回避される。装着時に消費状態情報をメモリから読み出して利用できる。

【0035】また、消費関連情報は、液体の消費状態に応じて検出されるべき検出特性の情報でもよい。検出特性情報は、例えばインク消費状態に応じた音響インピーダンスを示す情報である。この検出特性情報が読み出され、消費状態の検出に使用される。この形態によれば、インクジェット装置が検出特性情報をもっていなくてもよい。カートリッジの設計変更による検出特性の変化にも好適に対処可能である。

【0036】本実施の形態は、インクカートリッジの個体差に対して有利である。カートリッジの製造ばらつき等に起因して、カートリッジごとに検出特性が少しずつ異なる。個々のカートリッジの検出特性を消費情報メモリに格納しておくことにより、個体差による影響を低減でき、検出精度の向上が図れる。

【0037】さらに、消費情報メモリは、本発明の記憶手段として、インクに関する情報を記憶する。記憶手段はインク種情報等も記憶する。またこの記憶手段は、製造年月日、クリーニングシーケンス情報、画像処理情報などの他の情報を記憶する。

【0038】以下では、図面を参照して本実施形態をより具体的に説明する。まず、圧電装置を用いて振動に基づいてインク消費を検出する技術の基本を説明する。これにつづいて、検出技術の各種応用を説明する。本実施の形態において、インクカートリッジは液体センサと消費情報メモリを有している。つづいて、図47を参照して、消費情報メモリに関連事項の詳細を説明する。

【0039】本実施の形態において、液体センサは具体的には圧電装置で構成される。以下の説明では、「アクチュエータ」「弾性波発生手段」が液体センサに相当す

8

る。また消費情報メモリは半導体メモリ（半導体記憶手段）である。

【0040】「インク消費を検出するカートリッジ」本発明の基本的概念は、振動現象を利用することで、液体容器内の液体の状態（液体容器内の液体の有無、液体の量、液体の水位、液体の種類、液体の組成を含む）を検出することである。具体的な振動現象を利用した液体容器内の液体の状態の検出としてはいくつかの方法が考えられる。例えば弾性波発生手段が液体容器の内部に対して弾性波を発生し、液面あるいは対向する壁によって反射する反射波を受波することで、液体容器内の媒体およびその状態の変化を検出する方法がある。また、これとは別に、振動する物体の振動特性から音響インピーダンスの変化を検知する方法もある。音響インピーダンスの変化を利用する方法としては、圧電素子を有する圧電装置またはアクチュエータの振動部を振動させ、その後に振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって、共振周波数または逆起電力波形の振幅を検出することで音響インピーダンスの変化を検知する方法や、測定機、例えば伝送回路等のインピーダンスアナライザによって液体のインピーダンス特性またはアドミタンス特性を測定し、電流値や電圧値の変化または、振動を液体に与えたときの電流値や電圧値の周波数による変化を測定する方法がある。弾性波発生手段および圧電装置またはアクチュエータの動作原理の詳細については後述する。

【0041】図1は、本発明が適用される単色、例えばブラックインク用のインクカートリッジの一実施形態の断面図である。図1のインクカートリッジは、上記に説明した方法のうちの、弾性波の反射波を受信して液体容器内の液面の位置や液体の有無を検出する方法に基づいている。弾性波を発生しまた受信する手段として弾性波発生手段3を用いる。インクを収容する容器1には、記録装置のインク供給針に接合するインク供給口2が設けられている。容器1の底面1aの外側には、弾性波発生手段3が容器を介して内部のインクに弾性波を伝達できるように取付けられている。インクKがほぼ消費されつくした段階、つまりインクニアエンドとなった時点で、弾性波の伝達がインクから気体へと変更するべく、弾性波発生手段3はインク供給口2よりも若干上方の位置に設けられている。なお、受信手段を別に設けて、弾性波発生手段3を単に発生手段として用いても良い。

【0042】インク供給口2にはパッキン4及び弁体6が設けられている。図3に示すように、パッキン4は記録ヘッド31に連通するインク供給針32と液密に係合する。弁体6は、パネ5によってパッキン4に対して常時弾接されている。インク供給針32が挿入されると、弁体6はインク供給針32に押されてインク流路を開放し、容器1内のインクがインク供給口2およびインク供給針32を介して記録ヘッド31へ供給される。容器1

(6)

9

の上壁の上には、インクカートリッジ内のインクに関する情報を格納した半導体記憶手段7が装着されている。

【0043】図2は、複数種類のインクを収容するインクカートリッジの一実施例を示す裏側から見た斜視図である。容器8は、隔壁により3つのインク室9、10及び11に分割される。それぞれのインク室には、インク供給口12、13及び14が形成されている。それぞれのインク室9、10及び11の底面8aには、弾性波発生手段15、16および17が、容器8を介して各インク室内に収容されているインクに弾性波を伝達できるように取付けられている。

【0044】図3は、図1及び2に示したインクカートリッジに適したインクジェット記録装置の要部の実施形態を示す断面図である。記録用紙の幅方向に往復動可能なキャリッジ30は、サブタンクユニット33を備えていて、記録ヘッド31がサブタンクユニット33の下面に設けられている。また、インク供給針32はサブタンクユニット33のインクカートリッジ搭載面側に設けられている。

【0045】図4は、サブタンクユニット33の詳細を示す断面図である。サブタンクユニット33は、インク供給針32、インク室34、膜弁36、及びフィルタ37を有する。インク室34内には、インクカートリッジからインク供給針32を介して供給されるインクが収容される。膜弁36は、インク室34とインク供給路35との間の圧力差により開閉するよう設計されている。インク供給路35は記録ヘッド31に連通しており、インクが記録ヘッド31まで供給される構造となっている。

【0046】図3に示すように、容器1のインク供給口2をサブタンクユニット33のインク供給針32に挿通すると、弁体6がバネ5に抗して後退し、インク流路が形成され、容器1内のインクがインク室34に流れ込む。インク室34にインクが充填された段階で、記録ヘッド31のノズル開口に負圧を作用させて記録ヘッド31にインクを充填した後、記録動作を実行する。

【0047】記録動作により記録ヘッド31においてインクが消費されると、膜弁36の下流側の圧力が低下するので、図4に示すように、膜弁36が弁体38から離れて開弁する。膜弁36が開くことにより、インク室34のインクはインク供給路35を介して記録ヘッド31に流れ込む。記録ヘッド31へのインクの流入に伴って、容器1のインクは、インク供給針32を介してサブタンクユニット33に流れ込む。

【0048】記録装置の動作期間中には、あらかじめ設定された検出のタイミング、例えば一定周期で弾性波発生手段3に駆動信号が供給される。弾性波発生手段3により発生された弾性波は、容器1の底面1aを伝搬してインクに伝達され、インクを伝搬する。

【0049】弾性波発生手段3を容器1に貼着することにより、インクカートリッジ自体に残量検出機能を付与

10

することができる。本発明によれば、容器1の成形時における液面検出用の電極の埋め込みが不要となるので、射出成形工程が簡素化され、電極埋めこみ領域からの液漏れがなくなり、インクカートリッジの信頼性が向上できる。

【0050】図5は、弾性波発生手段3、15、16、及び17の製造方法を示す。固定基板20は、焼成可能なセラミック等の材料により形成される。まず、図5

(I)に示すように、固定基板20の表面に一方の電極となる導電材料層21を形成する。次に、図5(II)に示すように、導電材料層21の表面に圧電材料のグリーンシート22を重ねる。次に、図5(III)に示すように、プレス等により所定の形状にグリーンシート22を振動子の形状に成形し、自然乾燥後させた後、焼成温度、例えば1200°Cで焼成する。次に、図5(IV)に示すように、他方の電極となる導電材料層23をグリーンシート22の表面に形成して、たわみ振動可能に分極する。最後に、図5(V)に示すように、固定基板20を各素子毎に切断する。固定基板20を接着剤等により容器1の所定の面に固定することで、弾性波発生手段3が、容器1の所定の面に固定されて、残量検出機能付きインクカートリッジが完成する。

【0051】図6は、図5に示した弾性波発生手段3の他の実施形態を示す。図5の実施例においては、導電材料層21を接続電極として使用している。一方、図6の実施例においては、グリーンシート22により構成された圧電材料層の表面よりも上方の位置に、半田等により接続端子21a及び23aを形成する。接続端子21a及び23aにより、弾性波発生手段3の回路基板への直接的な実装が可能となり、リード線の引き回しが不要となる。

【0052】ところで、弾性波は、気体、液体および固体を媒体として伝播することができる波の一種である。従って、媒体の変化により弾性波の波長、振幅、位相、振動数、伝播方向や伝播速度などが変化する。一方、弾性波の反射波も媒体の変化によってその波の状態や特性が異なる。従って、弾性波が伝播する媒体の変化によって変化する反射波を利用することで、その媒体の状態を知ることが可能となる。この方法によって液体容器内の液体の状態を検出する場合には、例えば弾性波送受信機を使用する。図1～図3の形態を例にとって説明すると送受信機は、はじめに媒体、例えば、液体または液体容器に弾性波を与え、その弾性波は媒体中を伝播し液体の表面に達する。液体の表面では液体と気体との境界を有するため、反射波を送受信機へ返す。送受信機は反射波を受信し、その反射波の往来時間や送信機が発生した弾性波と液体の表面が反射した反射波との振幅の減衰率などから、送信機または受信機と液体の表面との距離を測定することができる。これを利用して液体容器内の液体の状態を検出できる。弾性波発生手段3は、単体として



(7)

11

弾性波が伝播する媒体の変化による反射波を利用する方法における送受信機として使用してもよいし、別に専用の受信機を装着してもよい。

【0053】上記したように、弾性波発生手段3によって発生されインク液中を伝搬する弾性波は、インク液の密度や液面レベルによりインク液表面で生じる反射波の弾性波発生手段3への到来時間が変化する。したがって、インクの組成が一定である場合には、インク液表面で生じる反射波の到来時間がインクの量に左右される。したがって、弾性波発生手段3が弾性波を発生してからインク表面からの反射波が弾性波発生手段3に到達するまでの時間を検出することにより、インク量を検出することができる。また、弾性波は、インクに含まれている粒子を振動させるので、着色剤として顔料を使用した顔料系のインクの場合には、顔料等の沈殿を防止するのに寄与する。

【0054】弾性波発生手段3を容器1に設けることにより、印刷動作やメンテナンス動作によってインクカートリッジのインクがインクエンド近くまで減少して、弾性波発生手段3によって反射波が受信できなくなった場合には、インクニアエンドであると判定してインクカートリッジの交換を促すことができる。

【0055】図7は、本発明のインクカートリッジの他の実施例を示す。上下方向に間隔を設けて、複数の弾性波発生手段41～44が、容器1の側壁上に設けられている。図7のインクカートリッジは、弾性波発生手段41～44のそれぞれの位置にインクが存在するか否かにより、それぞれの弾性波発生手段41～44の装着位置のレベルにおけるインクの有無が検出できる。例えば、インクの水位が、弾性波発生手段44と43との間のレベルであるとき、弾性波発生手段44は、インクが無いと検出し、弾性波発生手段41、42及び43は、インクが有ると検出するので、インクの水位が、弾性波発生手段44と43との間のレベルであることが分かる。したがって、複数の弾性波発生手段41～44を設けることにより、インク残量を段階的に検出することができる。

【0056】図8及び図9は、それぞれ本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す。図8に示した実施例においては、上下方向に斜めに形成された底面1aに、弾性波発生手段65が装着される。また、図9に示した実施例においては、垂直方向に長く延びる弾性波発生手段66が、側壁1bの底面近傍に設けられている。

【0057】図8及び図9の実施例によれば、インクが消費され、弾性波発生手段65及び66の一部が液面から露出するようになると、弾性波発生手段65及び66が発生した弾性波の反射波の到来時間及び音響インピーダンスが、液面の変化 $\Delta h_1$ 、 $\Delta h_2$ に対応して連続的に変化する。したがって、弾性波の反射波の到来時間又は音響インピーダンスの変化の度合いを検出することにより、インク残量のインクニアエンド状態からインクエ

12

ンドまでの過程を正確に検出することができる。

【0058】なお、上述の実施例においては、液体容器にインクを直接収容する形式のインクカートリッジに例を採って説明した。インクカートリッジの他の実施形態として、容器1内に多孔質弾性体を装填し、多孔質弾性体に液体インクを含浸させる形式のインクカートリッジに、上述の弾性波発生手段を装着してもよい。また、上述の実施例においてはたわみ振動型の圧電振動子を使用することによりカートリッジの大型化を抑えているが、縦振動型の圧電振動子を使用することも可能である。更に、上述の実施例においては、同一の弾性波発生手段により弾性波を送波し受波する。他の実施形態として、送波用と受波用とで異なった弾性波発生手段を用いて、インク残量を検出してもよい。

【0059】図10は、本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す。上下方向に斜めに形成された底面1aに、上下方向に間隔を設けて、複数の弾性波発生手段65a、65b及び65cが、容器1に設けられている。この実施例によれば、複数の弾性波発生手段65a、65b、及び65cのそれぞれの位置にインクが存在するか否かにより、それぞれの弾性波発生手段65a、65b、及び65cの装着位置のレベルにおける、それぞれの弾性波発生手段65a、65b及び65cへの弾性波の反射波の到来時間が異なる。したがって、各弾性波発生手段65を走査して、弾性波発生手段65a、65b及び65cにおける弾性波の反射波の到来時間を検出することにより、それぞれの弾性波発生手段65a、65b及び65cの装着位置のレベルにおけるインクの有無を検出することができる。したがって、インク残量を段階的に検出することができる。例えば、インク液面が弾性波発生手段65bと弾性波発生手段65cとの間のレベルであるとき、弾性波発生手段65cはインク無しを検出し、一方弾性波発生手段65b及び65aはインク有りを検出する。これらの結果を総合評価することで、インク液面が弾性波発生手段65bと弾性波発生手段65cとの間に位置していることが分かる。

【0060】図11は、本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す。図11のインクカートリッジは、液面からの反射波の強度を上げるために、板材67をフロート68に取り付けてインク液面を覆っている。板材67は、音響インピーダンスが高く、かつ耐インク性を備えた材料、例えばセラミックの板材によって形成される。

【0061】図12は、図11に示したインクカートリッジの他の実施形態を示す。図12のインクカートリッジは、図11のインクカートリッジと同様に、液面からの反射波の強度を上げるために、板材67をフロート68に取り付けてインク液面を覆っている。図12(A)は、上下方向に斜めに形成された底面1aに、弾性波発生手段65が固定される。インク残量が少なくなり、弾



(8)

13

性波発生手段65が液面から露出すると、弾性波発生手段65が発生した弾性波の反射波の弾性波発生手段65への到来時間が変化するので、弾性波発生手段65の装着位置のレベルにおけるインクの有無が検出できる。弾性波発生手段65が、上下方向に斜めに形成された底面1aに装着されているので、弾性波発生手段65がインク無しと検出した後でも、インクが容器1内に多少残されていることから、インクニアエンド時点のインク残量を検出することができる。

【0062】図12(B)は、上下方向に斜めに形成された底面1aに、上下方向に間隔を設けて、複数の弾性波発生手段65a、65b及び65cが、容器1に設けられている。図12(B)の実施例によれば、複数の弾性波発生手段65a、65b、及び65cのそれぞれの位置にインクが存在するか否かにより、それぞれの弾性波発生手段65a、65b及び65cの装着位置のレベルにおける反射波の弾性波発生手段65a、65b及び65cへの到来時間が異なる。したがって、各弾性波発生手段65を走査して、各弾性波発生手段における反射波の到来時間を検出することにより、それぞれの弾性波発生手段65a、65b及び65cの装着位置のレベルにおけるインクの有無を検出することができる。例えば、インク液面が、弾性波発生手段65bと弾性波発生手段65cとの間のレベルであるとき、弾性波発生手段65cはインク無しを検出し、一方弾性波発生手段65b及び65aはインク有りを検出する。これらの結果を総合評価することで、インク液面が弾性波発生手段65bと弾性波発生手段65cとの間に位置していることが分かる。

【0063】図13は、本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す。図13(A)に示したインクカートリッジは、容器1の内部に設けられた貫通孔1cに少なくとも一部が対向するようにインク吸収体74が、配置されている。弾性波発生手段70は、貫通孔1cに対向するように容器1の底面1aに固定される。図13(B)に示したインクカートリッジは、貫通孔1cに連通して形成された溝1hに対向させてインク吸収体75が、配置されている。

【0064】図13に示した実施形態によれば、容器1内のインクが消費されてインク吸収体74及び75がインクから露出すると、インク吸収体74及び75のインクが自重により流れ出して記録ヘッド31にインクを供給する。インクが消費され尽くすと、インク吸収体74及び75は、貫通孔1cに残存しているインクを吸い上げるので、貫通孔1cの凹部からインクが完全に排出される。そのため、インクエンド時において弾性波発生手段70が発生した弾性波の反射波の状態が変化するので、インクエンドを更に確実に検出することができる。

【0065】図14は、貫通孔1cの更に他の実施形態の平面を示す。図14(A)から(C)にそれぞれ示し

14

たように、貫通孔1cの平面形状は、弾性波発生手段が取り付け可能な形状であれば、円形、矩形、及び三角形などの任意の形状でよい。

【0066】図15は、本発明のインクジェット記録装置の他の実施形態の断面を示す。図15(A)は、インクジェット記録装置のみの断面を示す。図15(B)は、インクジェット記録装置にインクカートリッジ272が装着されたときの断面を示す。インクジェット記録用紙の幅方向に往復動可能なキャリッジ250は、下面に記録ヘッド252を有する。キャリッジ250は、記録ヘッド252の上面にサブタンクユニット256を有する。サブタンクユニット256は、図6に示したサブタンクユニット33と同様の構成を有する。サブタンクユニット256は、インクカートリッジ272の搭載側にインク供給針254を有する。キャリッジ250は、インクカートリッジ272を搭載する領域に、インクカートリッジ272の底部に対向するように凸部258を有する。凸部258は、圧電振動子などの弾性波発生手段260を有する。

【0067】図16は、図15に示した記録装置に適したインクカートリッジの実施形態を示す。図16(A)は、単色、例えばブラックインク用のインクカートリッジの実施形態を示す。本実施形態のインクカートリッジ272は、インクを収容する容器274と、記録装置のインク供給針254に接合するインク供給口276とを有する。容器274は、底面274aに、凸部258と係合する凹部278を有する。凹部278は、超音波伝達材、例えばゲル化材280を収容する。

【0068】インク供給口276は、パッキン282、弁体286、及びバネ284を有する。パッキン282は、インク供給針254と液密に係合する。弁体286は、バネ284によりパッキン282に常時弾接される。インク供給針254が、インク供給口276に挿入されると、弁体286がインク供給針254に押されてインク流路を開放する。容器274の上部には、インクカートリッジ272のインク等に関する情報を格納した半導体記憶手段288が装着されている。

【0069】図16(B)は、複数種のインクを収容するインクカートリッジの実施形態を示す。容器290は、壁により複数の領域、すなわち、3つのインク室292、294、296に分割される。それぞれのインク室292、294、及び296は、インク供給口298、300及び302を有する。容器290の底面290aの各インク室292、294、296に対向する領域には、弾性波発生手段260が発生した弾性波を伝達するためのゲル化材304、306、308が、筒状の凹部310、312、314に収容されている。

【0070】図15(B)に示すように、インクカートリッジ272のインク供給口276をサブタンクユニット256のインク供給針254に挿通すると、弁体28

(9)

15

6がバネ284に抗して後退してインク流路が形成されるので、インクカートリッジ272内のインクがインク室262に流れ込む。インク室262にインクが充填された段階で、記録ヘッド252のノズル開口に負圧を作用させて記録ヘッド252にインクを充填した後、記録動作を実行する。記録動作により記録ヘッド252でインクが消費されると、膜弁266の下流側の圧力が低下するので、膜弁266が弁体270から離れて開弁する。膜弁266の開弁によりインク室262のインクが記録ヘッド252に流れ込む。記録ヘッド252へのインクの流入に随伴してインクカートリッジ272のインクが、サブタンクユニット256に流れ込む。

【0071】記録装置の動作期間中には、あらかじめ設定された検出のタイミング、例えば一定周期で弾性波発生手段260に駆動信号が供給される。弾性波発生手段260により発生された弾性波は、凸部258から放射され、インクカートリッジ272の底面274aのゲル化材280を伝搬してインクカートリッジ272内のインクに伝達される。図15ではキャリッジ250に弾性波発生手段260を設けたが、弾性波発生手段260をサブタンクユニット256内に設けてもよい。

【0072】弾性波発生手段260が発生した弾性波はインク液中を伝搬するので、インク液の密度やインクの液面レベルによって、液面で反射された反射波が弾性波発生手段260へ到来する時間が変化する。したがって、インクの組成が一定である場合には液表面で生じる反射波の到来時間がインク量にだけ左右される。したがって、弾性波発生手段260の励起後のインク液表面からの反射波が弾性波発生手段260に到達するまでの時間を検出することにより、インクカートリッジ272内のインク量を検出することができる。また、弾性波発生手段260が発生する弾性波は、インクに含まれている粒子を振動させるので、顔料等の沈殿を防止する。

【0073】印刷動作やメンテナンス動作によりインクカートリッジ272内のインクがインクエンド近くまで減少して、弾性波発生手段260による弾性波発生後のインク液表面からの反射波が受信できなくなった場合には、インクニアエンドであると判定してインクカートリッジ272の交換を促すことができる。なお、インクカートリッジ272が規定通りにキャリッジ250に装着されていない場合には、弾性波発生手段260による弾性波の伝搬形態が極端に変化する。これを利用し、弾性波の極端な変化を検知した場合には警報を発して、ユーザにインクカートリッジ272の点検を促すこともできる。

【0074】弾性波発生手段260が発生した弾性波の反射波の弾性波発生手段260への到来時間は、容器274に収容されているインクの密度により影響を受ける。インクの種類により、インクの密度がそれぞれ異なる場合があるので、インクカートリッジ272内に収容さ

16

れているインクの種類に関するデータを半導体記憶手段288に格納し、それに応じた検出シーケンスを実行することによってインク残量をより正確に検出することができる。

【0075】図17は、本発明のインクカートリッジ272の他の実施形態を示す。図17に示したインクカートリッジ272は、底面274aが上下方向に斜めに形成されている。図17のインクカートリッジ272は、インク残量が少なくなり、弾性波発生手段260の弾性波の照射領域の一部がインク液面から露出すると、弾性波発生手段260が発生した弾性波の反射波の弾性波発生手段260への到来時間が、インク液面の変化 $\Delta h_1$ に対応して連続的に変化する。 $\Delta h_1$ は、ゲル化材280の両端における底面274aの高さの差を示す。したがって、反射波の弾性波発生手段260への到来時間を検出することにより、インクニアエンド状態からインクエンドまでの過程を正確に検出することができる。

【0076】図18は、本発明のインクカートリッジ272及びインクジェット記録装置の更に他の実施形態を示す。図18のインクジェット記録装置は、インクカートリッジ272のインク供給口276側の側面274bに凸部258'を有する。凸部258'は、弾性波発生手段260'を含む。凸部258'に係合するようにゲル化材280'が、インクカートリッジ272の側面274bに設けられている。図18のインクカートリッジ272によれば、インク残量が少なくなり、弾性波発生手段260'の弾性波の照射領域の一部が液面から露出すると、弾性波発生手段260'が発生した弾性波の反射波の弾性波発生手段260'への到来時間及び音響インピーダンスが、液面の変化 $\Delta h_2$ に対応して連続的に変化する。 $\Delta h_2$ は、ゲル化材280'の上端と下端との高さの差を表す。したがって、反射波の弾性波発生手段260'への到来時間又は音響インピーダンスの変化の度合いを検出することにより、インクニアエンド状態からインクエンドまでの過程を正確に検出することができる。

【0077】なお、上述の実施例においては、容器274にインクを直接収容する形式のインクカートリッジに例を採って説明した。他の実施形態として、容器274に多孔質弾性体を装填し、多孔質弾性体にインクを含浸させる形式のインクカートリッジに弾性波発生手段260を適用してもよい。更に、上述の実施例においては、液面での反射波に基づいてインク残量を検出する場合に、同一の弾性波発生手段260及び260'により弾性波を送波及び受波した。本発明はこれに限定されるものではなく、たとえば他の実施形態として弾性波の送波及び受波にそれぞれ異なった弾性波発生手段260を用いてもよい。

【0078】図19は、図16に示したインクカートリッジ272の他の実施形態を示す。インクカートリッジ



(10)

17

272は、板材316をフロート318に取付けて、インク液面を覆うことで、インク液面からの反射波の強度を上げる。板材316は、音響インピーダンスが高く、かつ耐インク性を備えた材料、たとえばセラミック等で形成されることが好ましい。

【0079】図20および図21は、圧電装置の一実施形態であるアクチュエータ106の詳細および等価回路を示す。ここでいうアクチュエータは、少なくとも音響インピーダンスの変化を検知して液体容器内の液体の消費状態を検出する方法に用いられる。特に、残留振動により共振周波数の検出することで、少なくとも音響インピーダンスの変化を検知して液体容器内の液体の消費状態を検出する方法に用いられる。図20(A)は、アクチュエータ106の拡大平面図である。図20(B)は、アクチュエータ106のB-B断面を示す。図20(C)は、アクチュエータ106のC-C断面を示す。さらに図21(A)および図21(B)は、アクチュエータ106の等価回路を示す。また、図21(C)および図21(D)は、それぞれインクカートリッジ内にインクが満たされているときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示し、図21(E)および図21(F)は、それぞれインクカートリッジ内にインクが無いときのアクチュエータ106を含む周辺およびその等価回路を示す。

【0080】アクチュエータ106は、ほぼ中央に円形状の開口161を有する基板178と、開口161を被覆するように基板178の一方の面（以下、表面という）に配備される振動板176と、振動板176の表面の側に配置される圧電層160と、圧電層160を両方からはさみこむ上部電極164および下部電極166と、上部電極164と電氣的に結合する上部電極端子168と、下部電極166と電氣的に結合する下部電極端子170と、上部電極164および上部電極端子168の間に配設され、かつ両者を電氣的に結合する補助電極172と、を有する。圧電層160、上部電極164および下部電極166はそれぞれの主要部として円形部分を有する。圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの円形部分は圧電素子を形成する。

【0081】振動板176は、基板178の表面に、開口161を覆うように形成される。キャビティ162は、振動板176の開口161と面する部分と基板178の表面の開口161とによって形成される。基板178の圧電素子とは反対側の面（以下、裏面という）は液体容器側に面しており、キャビティ162は液体と接触するように構成されている。キャビティ162内に液体が入っても基板178の表面側に液体が漏れないように、振動板176は基板178に対して液密に取り付けられる。

【0082】下部電極166は振動板176の表面、即ち液体容器とは反対側の面に位置しており、下部電極1

18

66の主要部である円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように取り付けられている。なお、下部電極166の円形部分の面積が開口161の面積よりも小さくなるように設定されている。一方、下部電極166の表面側には、圧電層160が、その円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように形成されている。圧電層160の円形部分の面積は、開口161の面積よりも小さく、かつ下部電極166の円形部分の面積よりも大きくなるように設定されている。

10 【0083】一方、圧電層160の表面側には、上部電極164が、その主要部である円形部分の中心と開口161の中心とがほぼ一致するように形成される。上部電極164の円形部分の面積は、開口161および圧電層160の円形部分の面積よりも小さく、かつ下部電極166の円形部分の面積よりも大きくなるよう設定されている。

【0084】したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部と下部電極166の主要部とによって、それぞれ表面側と裏面側とから挟みこまれる構造となっていて、圧電層160を効果的に変形駆動することができる。圧電層160、上部電極164および下部電極166のそれぞれの主要部である円形部分がアクチュエータ106における圧電素子を形成する。上述のように圧電素子は振動板176に接している。また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分、下部電極166の円形部分および開口161のうち、面積が最も大きいのは開口161である。この構造によつて、振動板176のうち実際に振動する振動領域は、開口161によって決定される。また、上部電極164の円形部分、圧電層160の円形部分および下部電極166の円形部分は開口161より面積が小さいので、振動板176がより振動しやすくなる。さらに、圧電層160と電氣的に接続する下部電極166の円形部分および上部電極164の円形部分のうち、下部電極166の円形部分の方が小さい。従って、下部端子166の円形部分が圧電層160のうち圧電効果を発生する部分を決定する。

【0085】上部電極端子168は、補助電極172を介して上部電極164と電氣的に接続するように振動板176の表面側に形成される。一方、下部電極端子170は、下部電極166に電氣的に接続するように振動板176の表面側に形成される。上部電極164は、圧電層160の表面側に形成されるため、上部電極端子168と接続する途中において、圧電層160の厚さと下部電極166の厚さとの和に等しい段差を有する必要がある。上部電極164だけでこの段差を形成することは難しく、かりに可能であったとしても上部電極164と上部電極端子168との接続状態が弱くなってしまい、切断してしまう危険がある。そこで、補助電極172を補助部材として用いて上部電極164と上部電極端子16

(11)

19

8とを接続させている。このようにすることで、圧電層160も上部電極164も補助電極172に支持された構造となり、所望の機械的強度を得ることができ、また上部電極164と上部電極端子168との接続を確実にすることが可能となる。

【0086】なお、圧電素子と振動板176のうちの圧電素子に直面する振動領域とが、アクチュエータ106において実際に振動する振動部である。また、アクチュエータ106に含まれる部材は、互いに焼成されることによって一体的に形成されることが好ましい。アクチュエータ106を一体的に形成することによって、アクチュエータ106の取り扱いが容易になる。さらに、基板178の強度を高めることによって振動特性が向上する。即ち、基板178の強度を高めることによって、アクチュエータ106の振動部のみが振動し、アクチュエータ106のうち振動部以外の部分が振動しない。また、アクチュエータ106の振動部以外の部分が振動しないためには、基板178の強度を高めるのに対し、アクチュエータ106の圧電素子を薄くかつ小さくし、振動板176を薄くすることによって達成できる。

【0087】圧電層160の材料としては、ジルコン酸チタン酸鉛(PZT)、ジルコン酸チタン酸鉛ランタン(PLZT)または鉛を使用しない鉛レス圧電膜を用いることが好ましく、基板178の材料としてジルコニアまたはアルミナを用いることが好ましい。また、振動板176には、基板178と同じ材料を用いることが好ましい。上部電極164、下部電極166、上部電極端子168および下部電極端子170は、導電性を有する材料、例えば、金、銀、銅、プラチナ、アルミニウム、ニッケルなどの金属を用いることができる。

【0088】上述したように構成されるアクチュエータ106は、液体を収容する容器に適用することができる。例えば、インクジェット記録装置に用いられるインクカートリッジやインクタンク、あるいは記録ヘッドを洗浄するための洗浄液を収容した容器などに装着することができる。

【0089】図20および図21に示されるアクチュエータ106は、液体容器の所定の場所に、キャビティ162を液体容器内に収容される液体と接触するように装着される。液体容器に液体が十分に収容されている場合には、キャビティ162内およびその外側は液体によって満たされている。一方、液体容器の液体が消費され、アクチュエータの装着位置以下まで液面が降下すると、キャビティ162内には液体は存在しないか、あるいはキャビティ162内にのみ液体が残存されその外側には気体が存在する状態となる。アクチュエータ106は、この状態の変化に起因する、少なくとも音響インピーダンスの相違を検出する。それによって、アクチュエータ106は、液体容器に液体が十分に収容されている状態であるか、あるいはある一定以上の液体が消費された状

20

態であるかを検出することができる。さらに、アクチュエータ106は、液体容器内の液体の種類も検出することが可能である。

【0090】ここでアクチュエータによる液面検出の原理について説明する。

【0091】媒体の音響インピーダンスの変化を検出するには、媒体のインピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定する。インピーダンス特性またはアドミッタンス特性を測定する場合には、例えば伝送回路を利用することができる。伝送回路は、媒体に一定電圧を印加し、周波数を変えて媒体に流れる電流を測定する。または、伝送回路は、媒体に一定電流を供給し、周波数を変えて媒体に印加される電圧を測定する。伝送回路で測定された電流値または電圧値の変化は音響インピーダンスの変化を示す。また、電流値または電圧値が極大または極小となる周波数 $f_m$ の変化も音響インピーダンスの変化を示す。

【0092】上記の方法とは別に、アクチュエータは、液体の音響インピーダンスの変化を共振周波数のみの変化を用いて検出することができる。液体の音響インピーダンスの変化を利用する方法として、アクチュエータの振動部が振動した後に振動部に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって共振周波数を検出する方法を用いる場合には、例えば圧電素子を利用することができる。圧電素子は、アクチュエータの振動部に残留する残留振動により逆起電力を発生する素子であり、アクチュエータの振動部の振幅によって逆起電力の大きさが変化する。従って、アクチュエータの振動部の振幅が大きいほど検出がしやすい。また、アクチュエータの振動部における残留振動の周波数によって逆起電力の大きさが変化する周期が変わる。従って、アクチュエータの振動部の周波数は逆起電力の周波数に対応する。ここで、共振周波数は、アクチュエータの振動部と振動部に接する媒体との共振状態における周波数をいう。

【0093】共振周波数 $f_s$ を得るために、振動部と媒体とが共振状態であるときの逆起電力測定によって得られた波形をフーリエ変換する。アクチュエータの振動は、一方向だけの変形ではなく、たわみや伸長等様々な変形をとまなうので、共振周波数 $f_s$ を含め様々な周波数を有する。よって、圧電素子と媒体とが共振状態であるときの逆起電力の波形をフーリエ変換し、最も支配的な周波数成分を特定することで、共振周波数 $f_s$ を判断する。

【0094】周波数 $f_m$ は、媒体のアドミッタンスが極大またはインピーダンスが極小であるときの周波数である。共振周波数 $f_s$ とすると、周波数 $f_m$ は、媒体の誘電損失または機械的損失などによって、共振周波数 $f_s$ に対しわずかな誤差を生ずる。しかし、実測される周波数 $f_m$ から共振周波数 $f_s$ を導出することは手間がかか



(12)

21

るため、一般には、周波数  $f_m$  を共振周波数に代えて使用する。ここで、アクチュエータ 106 の出力を伝送回路に入力することで、アクチュエータ 106 は少なくとも音響インピーダンスを検出することができる。

【0095】媒体のインピーダンス特性またはアドミタンス特性を測定し周波数  $f_m$  を測定する方法と、アクチュエータの振動部における残留振動振動によって生ずる逆起電力を測定することによって共振周波数  $f_s$  を測定する方法と、によって特定される共振周波数に差がほとんど無いことが実験によって証明されている。

【0096】アクチュエータ 106 の振動領域は、振動板 176 のうち開口 161 によって決定されるキャビティ 162 を構成する部分である。液体容器内に液体が十分に收容されている場合には、キャビティ 162 内には、液体が満たされ、振動領域は液体容器内の液体と接触する。一方で、液体容器内に液体が充分にない場合には、振動領域は液体容器内のキャビティに残った液体と接するか、あるいは液体と接触せず、気体または真空と接触する。

【0097】本発明のアクチュエータ 106 にはキャビティ 162 が設けられ、それによって、アクチュエータ 106 の振動領域に液体容器内の液体が残るように設計できる。その理由は次の通りである。

【0098】アクチュエータの液体容器への取り付け位置や取り付け角度によっては、液体容器内の液体の液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にあるにもかかわらず、アクチュエータの振動領域に液体が付着してしまう場合がある。振動領域における液体の有無だけでアクチュエータが液体の有無を検出している場合には、アクチュエータの振動領域に付着した液体が液体の有無の正確な検出を妨げる。たとえば、液面がアクチュエータの装着位置よりも下方にある状態のとき、キャリッジの往復移動などにより液体容器が揺動して液体が波うち、振動領域に液滴が付着してしまうと、アクチュエータは液体容器内に液体が充分にあるとの誤った判断をしてしまう。そこで、逆にそこに液体を残存した場合であっても液体の有無を正確に検出するように設計されたキャビティを積極的に設けることで、液体容器が揺動して液面が波立ったとしても、アクチュエータの誤動作を防止することができる。このように、キャビティを有するアク

【0099】また、図 21 (E) に示すように、液体容

$$f_s = 1 / (2 * \pi * (M * C_{act})^{1/2})$$

で表される。ここで、 $M$  は振動部のイナータンス  $M_{act}$  と付加イナータンス  $M'$  との和である。 $C_{act}$  は振動部のコンプライアンスである。

【0103】図 20 (C) は、本実施例において、キャビティにインクが残存していないときのアクチュエータ 106 の断面図である。図 21 (A) および図 21 (B)

22

\* 器内に液体が無く、アクチュエータ 106 のキャビティ 162 に液体容器内の液体が残っている場合を、液体の有無の閾値とする。すなわち、キャビティ 162 の周辺に液体が無く、この閾値よりキャビティ内の液体が少ない場合は、インク無しと判断し、キャビティ 162 の周辺に液体があり、この閾値より液体が多い場合は、インク有りと判断する。例えば、アクチュエータ 106 を液体容器の側壁に装着した場合、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置よりも下にある場合をインク無しと判断し、液体容器内の液体がアクチュエータの装着位置より上にある場合をインク有りと判断する。このように閾値を設定することによって、キャビティ内のインクが乾燥してインクが無くなったときであってもインク無しと判断し、キャビティ内のインクが無くなったところにキャリッジの揺れなどで再度インクがキャビティに付着しても閾値を越えないので、インク無しと判断することができる。

【0100】ここで、図 20 および図 21 を参照しながら逆起電力の測定による媒体とアクチュエータ 106 の振動部との共振周波数から液体容器内の液体の状態を検出する動作および原理について説明する。アクチュエータ 106 において、上部電極端子 168 および下部電極端子 170 を介して、それぞれ上部電極 164 および下部電極 166 に電圧を印加する。圧電層 160 のうち、上部電極 164 および下部電極 166 に挟まれた部分には電界が生じる。その電界によって、圧電層 160 は変形する。圧電層 160 が変形することによって振動板 176 のうちの振動領域がたわみ振動する。圧電層 160 が変形した後しばらくは、たわみ振動がアクチュエータ 106 の振動部に残留する。

【0101】残留振動は、アクチュエータ 106 の振動部と媒体との自由振動である。従って、圧電層 160 に印加する電圧をパルス波形あるいは矩形波とすることで、電圧を印加した後に振動部と媒体との共振状態を容易に得ることができる。残留振動は、アクチュエータ 106 の振動部を振動させるため、圧電層 160 をも変形する。従って、圧電層 160 は逆起電力を発生する。その逆起電力は、上部電極 164、下部電極 166、上部電極端子 168 および下部電極端子 170 を介して検出される。検出された逆起電力によって、共振周波数が特定できるため、液体容器内の液体の状態を検出することができる。

【0102】一般に、共振周波数  $f_s$  は、

$$(式1)$$

は、キャビティにインクが残存していないときのアクチュエータ 106 の振動部およびキャビティ 162 の等価回路である。

【0104】 $M_{act}$  は、振動部の厚さと振動部の密度との積を振動部の面積で除したものであり、さらに詳細には、図 21 (A) に示すように、



(13)

23

$$M_{act} = M_{pzt} + M_{electrode1} + M_{electrode2} + M_{vib}$$

と表される。ここで、 $M_{pzt}$ は、振動部における圧電層160の厚さと圧電層160の密度との積を圧電層160の面積で除したものである。 $M_{electrode1}$ は、振動部における上部電極164の厚さと上部電極164の密度との積を上部電極164の面積で除したものである。 $M_{electrode2}$ は、振動部における下部電極166の厚さと下部電極166の密度との積を下部電極166の面積で除したものである。 $M_{vib}$ は、振動部における振動板176の厚さと振動板176の密度との積を振動板176の振動領域の面積で除したものである。ただし、 $M_{act}$ を振動部全体としての厚さ、密度および面積から算出することができるように、本実施例では、圧電層160、上部電極164、下部電極166および振動板176の振動領域のそれぞれの面積は、上述のような大小関係を有するものの、相互の面積の差は微小であることが好ましい。また、本実施例において、圧電層160、上部電極164および下部電極166においては、それらの主要部である円形部分以外の部分は、主要部に対して無視

$$1/C_{act} = (1/C_{pzt}) + (1/C_{electrode1}) + (1/C_{electrode2}) + (1/C_{vib})$$

b) (式3)

式2および式3より、図21(A)は、図21(B)のように表すこともできる。

【0107】コンプライアンス $C_{act}$ は、振動部の単位面積に圧力をかけたときの変形によって媒体を受容できる体積を表す。また、コンプライアンス $C_{act}$ は、変形のし易さを表すといってもよい。

【0108】図21(C)は、液体容器に液体が十分に

$$M'_{max} = (\pi * \rho / (2 * k^3)) * (2 * (2 * k * a)^3 / (3 * \pi)) / (\pi * a^2)^2 \quad (式4)$$

( $a$ は振動部の半径、 $\rho$ は媒体の密度、 $k$ は波数である。)

【0110】で表される。尚、式4は、アクチュエータ106の振動領域が半径 $a$ の円形である場合に成立する。付加イナータンス $M'$ は、振動部の付近にある媒体の作用によって、振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。式4からわかるように、 $M'_{max}$ は振動部の半径 $a$ と、媒体の密度 $\rho$ とによって大きく変化する。

【0111】波数 $k$ は、

$$k = 2 * \pi * f_{act} / c \quad (式5)$$

( $f_{act}$ は液体が触れていないときの振動部の共振周波数である。 $c$ は媒体中を伝播する音響の速度である。)

【0112】で表される。

【0113】図21(D)は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている図21(C)の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路を示す。

【0114】図21(E)は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無

24

(式2)

\*できるだけ微小であることが好ましい。従って、アクチュエータ106において、 $M_{act}$ は、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板176のうちの振動領域のそれぞれのイナータンスの和である。また、コンプライアンス $C_{act}$ は、上部電極164、下部電極166、圧電層160および振動板176のうちの振動領域によって形成される部分のコンプライアンスである。

10 【0105】尚、図21(A)、図21(B)、図21(D)、図21(F)は、アクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路を示すが、これらの等価回路において、 $C_{act}$ はアクチュエータ106の振動部のコンプライアンスを示す。 $C_{pzt}$ 、 $C_{electrode1}$ 、 $C_{electrode2}$ および $C_{vib}$ はそれぞれ振動部における圧電層160、上部電極164、下部電極166および振動板176のコンプライアンスを示す。 $C_{act}$ は、以下の式3で表される。

\* 【0106】

※収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合のアクチュエータ106の断面図を示す。図21(C)の $M'_{max}$ は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンスの最大値を表す。 $M'_{max}$ は、

※ 【0109】

30 いものの、アクチュエータ106のキャビティ162内には液体が残存している場合のアクチュエータ106の断面図を示す。式4は、例えば、液体容器に液体が満たされている場合に、インクの密度 $\rho$ などから決定される最大のイナータンス $M'_{max}$ を表す式である。一方、液体容器内の液体が消費され、キャビティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にある液体が気体または真空になった場合には、

$$【0115】 M' = \rho * t / S \quad (式6)$$

と表せる。 $t$ は、振動にかかわる媒体の厚さである。 $S$ は、アクチュエータ106の振動領域の面積である。この振動領域が半径 $a$ の円形の場合は、 $S = \pi * a^2$ である。従って、付加イナータンス $M'$ は、液体容器に液体が十分に収容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合には、式4に従う。一方で、液体が消費され、キャビティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にある液体が気体または真空になった場合には、式6に従う。

【0116】ここで、図21(E)のように、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャ

50

(14)

25

ビティ162内には液体が残存している場合の付加イナータンス $M'$ を便宜的に $M'_{cav}$ とし、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス $M'_{max}$ と区別する。

【0117】図21(F)は、液体容器の液体が消費され、アクチュエータ106の振動領域の周辺に液体が無いものの、アクチュエータ106のキャビティ162内には液体が残存している図21(E)の場合のアクチュエータ106の振動部およびキャビティ162の等価回路を示す。

【0118】ここで、媒体の状態に関するパラメータは、式6において、媒体の密度 $\rho$ および媒体の厚さ $t$ である。液体容器内に液体が十分に收容されている場合は、アクチュエータ106の振動部に液体が接触し、液体容器内に液体が十分に收容されていない場合は、キャビティ内部に液体が残存するか、もしくはアクチュエータ106の振動部に気体または真空が接触する。アクチュエータ106の周辺の液体が消費され、図21(C)の $M'_{max}$ から図21(E)の $M'_{cav}$ へ移行する過程における付加イナータンスを $M'_{var}$ とすると、液体容器内の液体の收容状態によって、媒体の厚さ $t$ が変化するため、付加イナータンス $M'_{var}$ が変化し、共振周波数 $f_s$ も変化することになる。従って、共振周波数 $f_s$ を特定することによって、液体容器内の液体の有無を検出することができる。ここで、図21(E)に示すように $t=d$ とした場合、式6を用いて $M'_{cav}$ を表すと、式6の $t$ にキャビティの深さ $d$ を代入し、

$$\text{【0119】 } M'_{cav} = \rho * d / S \quad (\text{式7})$$

となる。

【0120】また、媒体が互いに種類の異なる液体であっても、組成の違いによって密度 $\rho$ が異なるため、付加イナータンス $M'$ が変化し、共振周波数 $f_s$ も変化する。従って、共振周波数 $f_s$ を特定することで、液体の種類を検出できる。尚、アクチュエータ106の振動部にインクまたは空気のいずれか一方のみが接触し、混在していない場合には、式4によって計算しても、 $M'$ の相違を検出できる。

【0121】図22(A)は、インクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ との関係を示すグラフである。ここでは液体の1例としてインクについて説明する。縦軸は、共振周波数 $f_s$ を示し、横軸は、インク量を示す。インク組成が一定であるとき、インク残量の低下に伴い、共振周波数 $f_s$ は、上昇する。

【0122】インク容器にインクが十分に收容され、アクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされている場合には、その最大付加イナータンス $M'_{max}$ は式4に表わされる値となる。一方で、インクが消費され、キャビティ162内に液体が残留しつつアクチュエータ106の振動領域の周辺にインクが満たされていないときには、付加イナータンス $M'_{var}$ は、媒体の厚さ

26

$t$ に基づいて式6によって算出される。式6中の $t$ は振動にかかわる媒体の厚さであるから、アクチュエータ106のキャビティ162の $d$ (図20(B)参照)を小さく、即ち、基板178を十分に薄くすることによって、インクが徐々に消費されていく過程を検出することもできる(図21(C)参照)。ここで、 $t_{ink}$ は振動にかかわるインクの厚さとし、 $t_{ink-max}$ は $M'_{max}$ における $t_{ink}$ とする。例えば、インクカートリッジの底面にアクチュエータ106をインクの液面に対してほぼ水平に10 配備する。インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ106から $t_{ink-max}$ の高さ以下に達すると、式6により $M'_{var}$ が徐々に変化し、式1により共振周波数 $f_s$ が徐々に変化する。従って、インクの液面が $t$ の範囲内にある限り、アクチュエータ106はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【0123】また、アクチュエータ106の振動領域を大きくまたは長くし、かつ縦に配置することによってインクの消費による液面の位置にしたがって、式6中の $S$ が変化する。従って、アクチュエータ106はインクが20 徐々に消費されていく過程を検出することもできる。例えば、インクカートリッジの側壁にアクチュエータ106をインクの液面に対してほぼ垂直に配備する。インクが消費され、インクの液面がアクチュエータ106の振動領域に達すると、水位の低下に伴い付加イナータンス $M'$ が減少するので、式1により共振周波数 $f_s$ が徐々に増加する。従って、インクの液面が、キャビティ162の径 $2a$ (図21(C)参照)の範囲内にある限り、アクチュエータ106はインクの消費状態を徐々に検出30 することができる。

【0124】図22(A)の曲線Xは、アクチュエータ106のキャビティ162を十分に浅くした場合や、アクチュエータ106の振動領域を十分に大きくまたは長くした場合のインクタンク内に收容されたインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ との関係を表わしている。インクタンク内のインクの量が減少するとともに、インクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ が徐々に変化35 していく様子が理解できる。

【0125】より詳細には、インクが徐々に消費されていく過程を検出することができる場合とは、アクチュエータ106の振動領域の周辺において、互いに密度が異なる液体と気体とがともに存在し、かつ振動にかかわる40 場合である。インクが徐々に消費されていくに従って、アクチュエータ106の振動領域周辺において振動にかかわる媒体は、液体が減少する一方で気体が増加する。例えば、アクチュエータ106をインクの液面に対して水平に配備した場合であって、 $t_{ink}$ が $t_{ink-max}$ より小さいときには、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体はインクと気体との両方を含む。したがって、アクチュエータ106の振動領域の面積 $S$ とすると、式450 の $M'_{max}$ 以下になった状態をインクと気体の付加質量

(15)

27

で表すと、

$$M' = M'_{air} + M'_{ink} = \rho_{air} \cdot t_{air} / S + \rho_{ink} \cdot t_{ink} / S \quad (式8)$$

となる。ここで、 $M'_{air}$ は空気のイナータンスであり、 $M'_{ink}$ はインクのイナータンスである。 $\rho_{air}$ は空気の密度であり、 $\rho_{ink}$ はインクの密度である。 $t_{air}$ は振動にかかわる空気の厚さであり、 $t_{ink}$ は振動にかかわるインクの厚さである。アクチュエータ106の振動領域周辺における振動にかかわる媒体のうち、液体が減少して気体が増加するに従い、アクチュエータ106がインクの液面に対しほぼ水平に配備されている場合には、 $t_{air}$ が増加し、 $t_{ink}$ が減少する。それによって、 $M'_{var}$ が徐々に減少し、共振周波数が徐々に増加する。よって、インクタンク内に残存しているインクの量またはインクの消費量を検出することができる。尚、式7において液体の密度のみの式となっているのは、液体 ※

$$1/M' = 1/M'_{air} + 1/M'_{ink} = S_{air} / (\rho_{air} \cdot t_{air}) + S_{ink} / (\rho_{ink} \cdot t_{ink}) \quad (式9)$$

となる。

【0129】尚、式9は、アクチュエータ106のキャビティにインクが保持されない場合に適用される。アクチュエータ106のキャビティにインクが保持される場合については、式7、式8および式9によって計算することができる。

【0130】一方、基板178が厚く、即ち、キャビティ162の深さdが深く、dが媒体の厚さ $t_{ink-max}$ に比較的近い場合や、液体容器の高さに比して振動領域が非常に小さいアクチュエータを用いる場合には、実際上はインクが徐々に減少する過程を検出するというよりはインクの液面がアクチュエータの装着位置より上位置か下位置かを検出することになる。換言すると、アクチュエータの振動領域におけるインクの有無を検出することになる。例えば、図22(A)の曲線Yは、小さい円形の振動領域の場合におけるインクタンク内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ との関係を示す。インクタンク内のインクの液面がアクチュエータの装着位置を通過する前後におけるインク量Qの間で、インクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ が激しく変化している様子が示される。このことから、インクタンク内にインクが所定量残存しているか否かを検出することができる。

【0131】図22(B)は、図22(A)の曲線Yにおけるインクの密度とインクおよび振動部の共振周波数 $f_s$ との関係を示す。液体の例としてインクを挙げている。図22(B)に示すように、インク密度が高くなると、付加イナータンスが大きくなるので共振周波数 $f_s$ が低下する。すなわち、インクの種類によって共振周波数 $f_s$ が異なる。したがって共振周波数 $f_s$ を測定することによって、インクを再充填する際に、密度の異なったインクが混入されていないか確認することができる。

【0132】つまり、互いに種類の異なるインクを収容するインクタンクを識別できる。

28

\* \* 【0126】

※の密度に対して、空気の密度が無視できるほど小さい場合を想定しているからである。

【0127】アクチュエータ106がインクの液面に対しほぼ垂直に配備されている場合には、アクチュエータ106の振動領域のうち、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみ領域と、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体の領域との並列の等価回路（図示せず）と考えられる。アクチュエータ106の振動にかかわる媒体がインクのみ領域の面積を $S_{ink}$ とし、アクチュエータ106の振動にかかわる媒体が気体のみの領域の面積を $S_{air}$ とすると、

【0128】

【0133】続いて、液体容器内の液体が空の状態であってもアクチュエータ106のキャビティ162内に液体が残存するようにキャビティのサイズと形状を設定した時の、液体の状態を正確に検出できる条件を詳述する。アクチュエータ106は、キャビティ162内に液体が満たされている場合に液体の状態を検出できれば、キャビティ162内に液体が満たされていない場合であっても液体の状態を検出できる。

【0134】共振周波数 $f_s$ は、イナータンスMの関数である。イナータンスMは、振動部のイナータンス $M_{act}$ と付加イナータンス $M'$ との和である。ここで、付加イナータンス $M'$ が液体の状態と関係する。付加イナータンス $M'$ は、振動部の付近にある媒体の作用によって振動部の質量が見かけ上増加していることを示す量である。即ち、振動部の振動によって見かけ上媒体を吸収することによる振動部の質量の増加分をいう。

【0135】従って、 $M'_{cav}$ が式4における $M'_{max}$ よりも大きい場合には、見かけ上吸収する媒体は全てキャビティ162内に残存する液体である。よって、液体容器内に液体が満たされている状態と同じである。この場合には $M'$ が変化しないので、共振周波数 $f_s$ も変化しない。従って、アクチュエータ106は、液体容器内の液体の状態を検出できないことになる。

【0136】一方、 $M'_{cav}$ が式4における $M'_{max}$ よりも小さい場合には、見かけ上吸収する媒体はキャビティ162内に残存する液体および液体容器内の気体または真空である。このときには液体容器内に液体が満たされている状態とは異なり $M'$ が変化するので、共振周波数 $f_s$ が変化する。従って、アクチュエータ106は、液体容器内の液体の状態を検出できる。

【0137】即ち、液体容器内の液体が空の状態、アクチュエータ106のキャビティ162内に液体が残存する場合に、アクチュエータ106が液体の状態を正確



(16)

29

に検出できる条件は、 $M'_{cav}$ が $M'_{max}$ よりも小さいことである。尚、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件 $M'_{max} > M'_{cav}$ は、キャビティ162の形状にかかわらない。

【0138】ここで、 $M'_{cav}$ は、キャビティ162の容量とほぼ等しい容量の液体の質量である。従って、 $M'_{max} > M'_{cav}$ の不等式から、アクチュエータ106が液体の状態を正確に検出できる条件は、キャビティ162の容量の条件として表すことができる。例えば、円形状のキャビティ162の開口161の半径を $a$ とし、およびキャビティ162の深さを $d$ とすると、

【0139】

$$M'_{max} > \rho * d / \pi a^2 \quad (式10)$$

である。式10を展開すると

$$【0140】 a / d > 3 * \pi / 8 \quad (式11)$$

という条件が求められる。尚、式10、式11は、キャビティ162の形状が円形の場合に限り成立する。円形でない場合の $M'_{max}$ の式を用い、式10中の $\pi a^2$ をその面積と置き換えて計算すれば、キャビティの幅および長さ等のディメンジョンと深さの関係が導き出せる。

【0141】従って、式11を満たす開口161の半径 $a$ およびキャビティ162の深さ $d$ であるキャビティ162を有するアクチュエータ106であれば、液体容器内の液体が空の状態であって、かつキャビティ162内に液体が残存する場合であっても、誤作動することなく液体の状態を検出できる。

【0142】付加イナータンス $M'$ は音響インピーダンス特性にも影響するので、残留振動によりアクチュエータ106に発生する逆起電力を測定する方法は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検出しているともいえる。

【0143】また、本実施例によれば、アクチュエータ106が振動を発生してその後の残留振動によりアクチュエータ106に発生する逆起電力を測定している。しかし、アクチュエータ106の振動部が駆動電圧による自らの振動によって液体に振動を与えることは必ずしも必要ではない。即ち、振動部が自ら発振しなくても、それと接触しているある範囲の液体と共に振動することで、圧電層160がたわみ変形する。この残留振動が圧電層160に逆起電力電圧を発生させ、上部電極164および下部電極166にその逆起電力電圧を伝達する。この現象を利用することで媒体の状態を検出してもよい。例えば、インクジェット記録装置において、印字時における印字ヘッドの走査によるキャリッジの往復運動による振動によって発生するアクチュエータの振動部の周囲の振動を利用してインクタンクまたはその内部のインクの状態を検出してもよい。

【0144】図23(A)および図23(B)は、アクチュエータ106を振動させた後の、アクチュエータ106の残留振動の波形と残留振動の測定方法とを示す。

30

インクカートリッジ内のアクチュエータ106の装着位置レベルにおけるインク水位の上下は、アクチュエータ106が発振した後の残留振動の周波数変化や、振幅の変化によって検出することができる。図23(A)および図23(B)において、縦軸はアクチュエータ106の残留振動によって発生した逆起電力の電圧を示し、横軸は時間を示す。アクチュエータ106の残留振動によって、図23(A)および図23(B)に示すように電圧のアナログ信号の波形が発生する。次に、アナログ信号を、信号の周波数に対応するデジタル数値に変換する。

【0145】図23(A)および図23(B)に示した例においては、アナログ信号の4パルス目から8パルス目までの4個のパルスが生じる時間を計測することによって、インクの有無を検出する。

【0146】より詳細には、アクチュエータ106が発振した後、予め設定された所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。デジタル信号を4カウントから8カウントまでの間をHighとし、所定のクロックパルスによって4カウントから8カウントまでの時間を計測する。

【0147】図23(A)はアクチュエータ106の装着位置レベルよりも上位にインク液面があるときの波形である。一方、図23(B)はアクチュエータ106の装着位置レベルにおいてインクが無いときの波形である。図23(A)と図23(B)とを比較すると、図23(A)の方が図23(B)よりも4カウントから8カウントまでの時間が長いことがわかる。換言すると、インクの有無によって4カウントから8カウントまでの時間が異なる。この時間の相違を利用して、インクの消費状態を検出することができる。アナログ波形の4カウント目から数えるのは、アクチュエータ106の振動が安定してから計測をはじめるためである。4カウント目からとしたのは単なる一例であって、任意のカウントから数えてもよい。ここでは、4カウント目から8カウント目までの信号を検出し、所定のクロックパルスによって4カウント目から8カウント目までの時間を測定する。それによって、共振周波数を求める。クロックパルスは、インクカートリッジに取り付けられる半導体記憶装置等を制御するためのクロックと等しいクロックのパルスであることが好ましい。尚、8カウント目までの時間を測定する必要は無く、任意のカウントまで数えてもよい。図23においては、4カウント目から8カウント目までの時間を測定しているが周波数を検出する回路構成にしたがって、異なったカウント間隔内の時間を検出してもよい。

【0148】例えば、インクの品質が安定していてピークの振幅の変動が小さい場合には、検出の速度を上げるために4カウント目から6カウント目までの時間を検出することにより共振周波数を求めてもよい。また、イン

(17)

31

クの品質が不安定でパルスの振幅の変動が大きい場合には、残留振動を正確に検出するために4カウント目から12カウント目までの時間を検出してもよい。

【0149】また、他の実施例として所定期間内における逆起電力の電圧波形の波数を数えてもよい（図示せず）。この方法によっても共振周波数を求めることができる。より詳細には、アクチュエータ106が発振した後、所定期間だけデジタル信号をHighとし、所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そのカウント数を計測することによってインクの有無を検出できるのである。

【0150】さらに、図23(A)および図23(B)を比較して分かるように、インクがインクカートリッジ内に満たされている場合とインクがインクカートリッジ内に無い場合とでは、逆起電力波形の振幅が異なる。従って、共振周波数を求めることなく、逆起電力波形の振幅を測定することによっても、インクカートリッジ内のインクの消費状態を検出してもよい。より詳細には、例えば、図23(A)の逆起電力波形の頂点と図23(B)の逆起電力波形の頂点との間に基準電圧を設定する。アクチュエータ106が発振した後、所定時間にデジタル信号をHighとし、逆起電力波形が基準電圧を横切った場合には、インクが無いと判断する。逆起電力波形が基準電圧を横切らない場合には、インクが有ると判断する。

【0151】図24は、アクチュエータ106の製造方法を示す。複数のアクチュエータ106（図24の例では4個）が一体に形成されている。図24に示した複数のアクチュエータの一体成形物を、それぞれのアクチュエータ106において切断することにより、図25に示すアクチュエータ106を製造する。図24に示す一体成形された複数のアクチュエータ106のそれぞれの圧電素子が円形である場合、一体成形物をそれぞれのアクチュエータ106において切断することにより、図20に示すアクチュエータ106を製造することができる。複数のアクチュエータ106を一体に形成することにより、複数のアクチュエータ106を同時に効率良く製造することができ、運搬時の取り扱いが容易となる。

【0152】アクチュエータ106は、薄板又は振動板176、基板178、弾性波発生手段又は圧電素子174、端子形成部材又は上部電極端子168、及び端子形成部材又は下部電極端子170を有する。圧電素子174は、圧電振動板又は圧電層160、上電極又は上部電極164、及び下電極又は下部電極166を含む。基板178の上面に振動板176が、形成され、振動板176の上面に下部電極166が形成されている。下部電極166の上面には、圧電層160が形成され、圧電層160の上面に、上部電極164が、形成されている。したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部及び下部電極166の主要部によって、上下から

32

挟まれるように形成されている。

【0153】振動板176上に複数（図24の例では4個）の圧電素子174が形成されている。振動板176の表面に下部電極166が形成され、下部電極166の表面に圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成される。上部電極164及び下部電極166の端部に上部電極端子168及び下部電極端子170が形成される。4個のアクチュエータ106は、それぞれ別々に切断されて個別に使用される。

10 【0154】図25は、圧電素子が矩形のアクチュエータ106の一部分の断面を示す。

【0155】図26は、図25に示したアクチュエータ106の全体の断面を示す。基板178の圧電素子174と対向する面には、貫通孔178aが形成されている。貫通孔178aは振動板176によって封止されている。振動板176はアルミナや酸化ジルコニア等の電気絶縁性を備え、かつ弾性変形可能な材料によって形成されている。貫通孔178aと対向するように、圧電素子174が振動板176上に形成されている。下部電極166は貫通孔178aの領域から一方向、図26では左方に延びるように振動板176の表面に形成されている。上部電極164は貫通孔178aの領域から下部電極とは反対の方向に、図26では右方に延びるように圧電層160の表面に形成されている。上部電極端子168及び下部電極端子170は、それぞれ補助電極172及び下部電極166の上面に形成されている。下部電極端子170は下部電極166と電氣的に接触し、上部電極端子168は補助電極172を介して上部電極164と電氣的に接触して、圧電素子とアクチュエータ106  
20 30 の外部との間の信号の受け渡しをする。上部電極端子168及び下部電極端子170は、電極と圧電層とを合わせた圧電素子の高さ以上の高さを有する。

【0156】図27は、図24に示したアクチュエータ106の製造方法を示す。まず、グリーンシート940にプレスあるいはレーザー加工等を用いて貫通孔940aを穿孔する。グリーンシート940は焼成後に基板178となる。グリーンシート940はセラミック等の材料で形成される。次に、グリーンシート940の表面にグリーンシート941を積層する。グリーンシート941は、焼成後に振動板176となる。グリーンシート941は、酸化ジルコニア等の材料で形成される。次に、グリーンシート941の表面に導電層942、圧電層160、導電層944を圧膜印刷等の方法で順次形成する。導電層942は、後に下部電極166となり、導電層944は、後に上部電極164となる。次に、形成されたグリーンシート940、グリーンシート941、導電層942、圧電層160、及び導電層944を乾燥して焼成する。スペーサ部材947、948は、上部電極端子168と下部電極端子170の高さを底上げして圧電素子より高くする。スペーサ部材947、948は、  
40 50



(18)

33

グリーンシート940、941と同材料を印刷、あるいはグリーンシートを積層して形成する。このスペーサ部材947、948により貴金属である上部電極端子168及び下部電極端子170の材料が少なく済む上に、上部電極端子168及び下部電極端子170の厚みを薄くできるので、上部電極端子168及び下部電極端子170を精度良く印刷でき、さらに安定した高さとする事ができる。

【0157】導電層942の形成時に導電層944との接続部944'及びスペーサ部材947及び948を同時に形成すると、上部電極端子168及び下部電極端子170を容易に形成したり、強固に固定することができる。最後に、導電層942及び導電層944の端部領域に、上部電極端子168及び下部電極端子170を形成する。上部電極端子168及び下部電極端子170を形成する際、上部電極端子168及び下部電極端子170が、圧電層160に電氣的に接続されるように形成する。

【0158】図28は、本発明が適用されるインクカートリッジのさらに他の実施形態を示す。図28(A)は、本実施形態によるインクカートリッジの底部の断面図である。本実施形態のインクカートリッジは、インクを収容する容器1の底面1aに貫通孔1cを有する。貫通孔1cの底部はアクチュエータ650によって塞がれ、インク溜部を形成する。

【0159】図28(B)は、図28(A)に示したアクチュエータ650及び貫通孔1cの詳細な断面を示す。図28(C)は、図28(B)に示したアクチュエータ650及び貫通孔1cの平面を示す。アクチュエータ650は振動板72および振動板72に固定された圧電素子73とを有する。振動板72及び基板71を介して圧電素子73が貫通孔1cに対向するように、アクチュエータ650は、容器1の底面に固定される。振動板72は、弾性変形可能で耐インク性を備える。

【0160】容器1のインク量に依存して、圧電素子73及び振動板72の残留振動によって発生する逆起電力の振幅及び周波数が変化する。アクチュエータ650に対向する位置に貫通孔1cが形成されていて、最小限の一定量のインクが貫通孔1cに確保される。したがって、貫通孔1cに確保されるインク量により決まるアクチュエータ650の振動の特性を予め測定しておくことにより、容器1のインクエンドを確実に検出することができる。

【0161】図29は貫通孔1cの他の実施形態を示す。図29(A)、(B)、及び(C)のそれぞれにおいて、左側の図は、貫通孔1cにインクKが無い状態を示し、右側の図は、貫通孔1cにインクKが残った状態を示す。図28の実施形態においては、貫通孔1cの側面は垂直な壁として形成されている。図29(A)においては、貫通孔1cは、側面1dが上下方向に斜めであ

34

り外側に拡大して開いている。図29(B)においては、段差部1e及び1fが、貫通孔1cの側面に形成されている。上方にある段差部1fが、下方にある段差部1eより広がっている。図29(C)においては、貫通孔1cは、インクKを排出しやすい方向、すなわちインク供給口2の方向へ延びる溝1gを有する。

【0162】図29(A)～(C)に示した貫通孔1cの形状によれば、インク溜部のインクKの量を少なくできる。従って、図20および図21で説明したM' cavをM' maxと比較して小さくすることができるので、インクエンド時におけるアクチュエータ650の振動特性を、容器1に印刷可能な量のインクKが残存している場合と大きく異ならせることができるので、インクエンドをより確実に検出することができる。

【0163】図30はアクチュエータの他の実施形態を示す斜視図である。アクチュエータ660は、アクチュエータ660を構成する基板または取付プレート78の貫通孔1cよりも外側にパッキン76を有する。アクチュエータ660の外周にはカシメ孔77が形成されている。アクチュエータ660は、カシメ孔77を介してカシメにより容器1に固定される。

【0164】図31(A)、(B)は、アクチュエータの更に他の実施形態を示す斜視図である。本実施形態においては、アクチュエータ670は、凹部形成基板80および圧電素子82を備える。凹部形成基板80の一方の面には凹部81がエッチング等の手法により形成され、他方の面には圧電素子82が取り付けられる。凹部形成基板80のうち、凹部81の底部が振動領域として作用する。従って、アクチュエータ670の振動領域は凹部81の周縁によって規定される。また、アクチュエータ670は、図20の実施例によるアクチュエータ106のうち、基板178および振動板176が一体として形成された構造と類似する。従って、インクカートリッジを製造する際に製造工程を短縮することができ、コストを低減させる。アクチュエータ670は、容器1に設けられた貫通孔1cに埋め込み可能なサイズである。それによって、凹部81がキャビティとしても作用することができる。尚、図20の実施例によるアクチュエータ106を、図31の実施例によるアクチュエータ670と同様に貫通孔1cに埋め込み可能なように形成してもよい。

【0165】図32は、アクチュエータ106を取り付けモジュール体100として一体形成した構成を示す斜視図である。モジュール体100はインクカートリッジの容器1の所定個所に装着される。モジュール体100は、インク液中の少なくとも音響インピーダンスの変化を検出することにより、容器1内の液体の消費状態を検知するように構成されている。本実施形態のモジュール体100は、容器1にアクチュエータ106を取り付けるための液体容器取付部101を有する。液体容器取付

(19)

35

部101は、平面がほぼ矩形の基台102上に駆動信号により発振するアクチュエータ106を収容した円柱部116を載せた構造になっている。モジュール体100が、インカートリッジに装着されたときに、モジュール体100のアクチュエータ106が外部から接触できないように構成されているので、アクチュエータ106を外部の接触から保護することができる。なお、円柱部116の先端側エッジは丸みが付けられていて、インカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【0166】図33は、図32に示したモジュール体100の構成を示す分解図である。モジュール体100は、樹脂からなる液体容器取付部101と、プレート110および凹部113を有する圧電装置装着部105とを含む。さらに、モジュール体100は、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、およびフィルム108を有する。好ましくは、プレート110は、ステンレス又はステンレス合金等の錆びにくい材料から形成される。液体容器取付部101に含まれる円柱部116および基台102は、リードワイヤ104a及び104bを収容できるよう中心部に開口部114が形成され、アクチュエータ106、フィルム108、及びプレート110を収容できるように凹部113が形成される。アクチュエータ106はプレート110にフィルム108を介して接合され、プレート110およびアクチュエータ106は液体容器取付部101に固定される。従って、リードワイヤ104a及び104b、アクチュエータ106、フィルム108およびプレート110は、液体容器取付部101に一体として取り付けられる。リードワイヤ104a及び104bは、それぞれアクチュエータ106の上部電極及び下部電極と結合して圧電層に駆動信号を伝達し、一方、アクチュエータ106が検出した共振周波数の信号を記録装置等へ伝達する。アクチュエータ106は、リードワイヤ104a及び104bから伝達された駆動信号に基づいて一時的に発振する。アクチュエータ106は発振後に残留振動し、その振動によって逆起電力を発生させる。このとき、逆起電力波形の振動周期を検出することによって、液体容器内の液体の消費状態に対応した共振周波数を検出することができる。フィルム108は、アクチュエータ106とプレート110とを接着してアクチュエータを液密にする。フィルム108は、ポリオレフィン等によって形成し、熱融着で接着することが好ましい。

【0167】プレート110は円形状であり、基台102の開口部114は円筒状に形成されている。アクチュエータ106及びフィルム108は矩形状に形成されている。リードワイヤ104、アクチュエータ106、フィルム108、及びプレート110は、基台102に対して着脱可能としてもよい。基台102、リードワイヤ104、アクチュエータ106、フィルム108、及び

36

プレート110は、モジュール体100の中心軸に対して対称に配置されている。更に、基台102、アクチュエータ106、フィルム108、及びプレート110の中心は、モジュール体100のほぼ中心軸上に配置されている。

【0168】基台102の開口部114の面積は、アクチュエータ106の振動領域の面積よりも大きく形成されている。プレート110の中心でアクチュエータ106の振動部に直面する位置には、貫通孔112が形成されている。図20および図21に示したようにアクチュエータ106にはキャビティ162が形成され、貫通孔112とキャビティ162は、共にインク溜部を形成する。プレート110の厚さは、残留インクの影響を少なくするために貫通孔112の径に比べて小さいことが好ましい。例えば貫通孔112の深さはその径の3分の1以下の大きさであることが好ましい。貫通孔112は、モジュール体100の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。また貫通孔112の面積は、アクチュエータ106のキャビティ162の開口面積よりも大きい。貫通孔112の断面の周縁はテーパ形状であっても良いしステップ形状でもよい。モジュール体100は、貫通孔112が容器1の内側へ向くように容器1の側部、上部、又は底部に装着される。インクが消費されアクチュエータ106周辺のインクがなくなると、アクチュエータ106の共振周波数が大きく変化するので、インクの水位変化を検出することができる。

【0169】図34は、モジュール体の他の実施形態を示す斜視図である。本実施形態のモジュール体400は、液体容器取付部401に圧電装置装着部405が形成されている。液体容器取付部401は、平面がほぼ角丸の正方形上の基台402上に円柱状の円柱部403が形成されている。更に、圧電装置装着部405は、円柱部403上に立てられた板状要素406および凹部413を含む。板状要素406の側面に設けられた凹部413には、アクチュエータ106が配置される。なお、板状要素406の先端は所定角度に面取りされていて、インカートリッジに形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【0170】図35は、図34に示したモジュール体400の構成を示す分解斜視図である。図32に示したモジュール体100と同様に、モジュール体400は、液体容器取付部401および圧電装置装着部405を含む。液体容器取付部401は基台402および円柱部403を有し、圧電装置装着部405は板状要素406および凹部413を有する。アクチュエータ106は、プレート410に接合されて凹部413に固定される。モジュール体400は、リードワイヤ404a及び404b、アクチュエータ106、及びフィルム408をさらに有する。

【0171】本実施形態によれば、プレート410は矩

(20)

37

形状であり、板状要素406に設けられた開口部414は矩形状に形成されている。リードワイヤ404a及び404b、アクチュエータ106、フィルム408、及びプレート410は基台402に対して着脱可能として構成しても良い。アクチュエータ106、フィルム408、及びプレート410は、開口部414の中心を通り、開口部414の平面に対して鉛直方向に延びる中心軸に対して対称に配置されている。更に、アクチュエータ406、フィルム408、及びプレート410の中心は、開口部414のほぼ中心軸上に配置されている。

【0172】プレート410の中心に設けられた貫通孔412の面積は、アクチュエータ106のキャビティ162の開口の面積よりも大きく形成されている。アクチュエータ106のキャビティ162と貫通孔412とは、共にインク溜部を形成する。プレート410の厚さは貫通孔412の径に比べて小さく、例えば貫通孔412の径の3分の1以下の大きさに設定することが好ましい。貫通孔412は、モジュール体400の中心軸に対して対称なほぼ真円の形状である。貫通孔412の断面の周縁はテーパー形状であっても良いしステップ形状でもよい。モジュール体400は、貫通孔412が容器1の内部に配置されるように容器1の底部に装着することができる。アクチュエータ106が垂直方向に延びるように容器1内に配置されるので、基台402の高さを変えてアクチュエータ106が容器1内に配置される高さを変えることによりインクエンドの時点の設定を容易に変えることができる。

【0173】図36は、モジュール体の更に他の実施形態を示す。図32に示したモジュール体100と同様に、図36のモジュール体500は、基台502および円柱部503を有する液体容器取付部501を含む。また、モジュール体500は、リードワイヤ504a及び504b、アクチュエータ106、フィルム508、及びプレート510をさらに有する。液体容器取付部501に含まれる基台502は、リードワイヤ504a及び504bを収容できるよう中心部に開口部514が形成され、アクチュエータ106、フィルム508、及びプレート510を収容できるように凹部513が形成される。アクチュエータ106はプレート510を介して圧電装置装着部505に固定される。従って、リードワイヤ504a及び504b、アクチュエータ106、フィルム508およびプレート510は、液体容器取付部501に一体として取り付けられる。本実施形態のモジュール体500は、平面がほぼ角丸の正方形上の基台上に上面が上下方向に斜めな円柱部503が形成されている。円柱部503の上面の上下方向に斜めに設けられた凹部513上にアクチュエータ106が配置されている。

【0174】モジュール体500の先端は傾斜しており、その傾斜面にアクチュエータ106が装着されてい

38

る。そのため、モジュール体500が容器1の底部又は側部に装着されると、アクチュエータ106が容器1の上下方向に対して傾斜する。モジュール体500の先端の傾斜角度は、検出性能を鑑みてほぼ30°から60°の間とすることが望ましい。

【0175】モジュール体500は、アクチュエータ106が容器1内に配置されるように容器1の底部又は側部に装着される。モジュール体500が容器1の側部に装着される場合には、アクチュエータ106が、傾斜しつつ、容器1の上側、下側、又は横側を向くように容器1に取り付けられる。一方、モジュール体500が、容器1の底部に装着される場合には、アクチュエータ106が、傾斜しつつ、容器1のインク供給口側を向くように容器1に取り付けられることが好ましい。

【0176】図37は、図32に示したモジュール体100を容器1に装着したときのインク容器の底部近傍の断面図である。モジュール体100は、容器1の側壁を貫通するように装着されている。容器1の側壁とモジュール体100との接合面には、リング365が設けられ、モジュール体100と容器1との液密を保っている。リングでシールが出来るようにモジュール体100は図32で説明したような円柱部を備えることが好ましい。モジュール体100の先端が容器1の内部に挿入されることで、プレート110の貫通孔112を介して容器1内のインクがアクチュエータ106と接触する。アクチュエータ106の振動部の周囲が液体か気体かによってアクチュエータ106の残留振動の共振周波数が異なるので、モジュール体100を用いてインクの消費状態を検出することができる。また、モジュール体100に限らず、図34に示したモジュール体400、図36に示したモジュール体500、又は図38に示したモジュール体700A及び700B、及びモールド構造体600を容器1に装着してインクの有無を検出してもよい。

【0177】図38(A)はモジュール体700Bを容器1に装着したときのインク容器の断面図を示す。本実施例では取付構造体の1つとしてモジュール体700Bを使用する。モジュール体700Bは、液体容器取付部360が容器1の内部に突出するようにして容器1に装着されている。取付プレート350には貫通孔370が形成され、貫通孔370とアクチュエータ106の振動部が面している。更に、モジュール体700Bの底壁には孔382が形成され、圧電装置装着部363が形成される。アクチュエータ106が孔382の一方を塞ぐようにして配備される。したがって、インクは、圧電装置装着部363の孔382及び取付プレート350の貫通孔370を介して振動板176と接触する。圧電装置装着部363の孔382及び取付プレート350の貫通孔370は、共にインク溜部を形成する。圧電装置装着部363とアクチュエータ106とは、取付プレート35



(21)

39

0及びフィルム部材によって固定されている。液体容器取付部360と容器1との接続部にはシーリング構造372が設けられている。シーリング構造372は合成樹脂等の可塑性の材料により形成されてもよいし、Oリングにより形成されてもよい。図38(A)のモジュール体700Bと容器1とは別体であるが、図38(B)のようにモジュール体700Bの圧電装置装着部を容器1の一部で構成してもよい。

【0178】図38(A)のモジュール体700Bは、図32から図36に示したリードワイヤのモジュール体への埋め込みが不要となる。そのため成形工程が簡素化される。更に、モジュール体700Bの交換が可能となりリサイクルが可能となる。

【0179】インクカートリッジが揺れる際にインクが容器1の上面あるいは側面に付着し、容器1の上面あるいは側面から垂れてきたインクがアクチュエータ106に接触することでアクチュエータ106が誤作動する可能性がある。しかし、モジュール体700Bは液体容器取付部360が容器1の内部に突出しているため、容器1の上面や側面から垂れてきたインクによりアクチュエータ106が誤作動しない。

【0180】また、図38(A)の実施例では、振動板176と取付プレート350の一部のみが、容器1内のインクと接触するように容器1に装着される。図38

(A)の実施例では、図32から図36に示したリードワイヤ104a、104b、404a、404b、504a、及び504bの電極のモジュール体への埋め込みが不要となる。そのため成形工程が簡素化される。更に、アクチュエータ106の交換が可能となりリサイクルが可能となる。

【0181】図38(B)は、アクチュエータ106を容器1に装着したときの実施例としてインク容器の断面図を示す。図38(B)の実施例によるインクカートリッジでは、保護部材361はアクチュエータ106とは別体として容器1に取り付けられている。従って、保護部材361とアクチュエータ106とはモジュールとして一体となっていないが、一方で、保護部材361はアクチュエータ106にユーザーの手が触れないように保護することができる。アクチュエータ106の前面に設けられる孔380は、容器1の側壁に配設されている。アクチュエータ106は、圧電層160、上部電極164、下部電極166、振動板176及び取付プレート350を含む。取付プレート350の上面に振動板176が形成され、振動板176の上面に下部電極166が形成されている。下部電極166の上面には圧電層160が形成され、圧電層160の上面に上部電極164が形成されている。したがって、圧電層160の主要部は、上部電極164の主要部及び下部電極166の主要部によって上下から挟まれるように形成されている。圧電層160、上部電極164、及び下部電極166のそれぞ

40

れの主要部である円形部分は、圧電素子を形成する。圧電素子は振動板176上に形成される。圧電素子及び振動板176の振動領域はアクチュエータが実際に振動する振動部である。取付プレート350には貫通孔370が設けられている。更に、容器1の側壁には孔380が形成されている。したがって、インクは、容器1の孔380及び取付プレート350の貫通孔370を介して振動板176と接触する。容器1の孔380及び取付プレート350の貫通孔370は、共にインク溜部を形成する。また、図38(B)の実施例では、アクチュエータ106は保護部材361により保護されているのでアクチュエータ106を外部との接触から保護できる。

【0182】尚、図38(A)および(B)の実施例における取付プレート350に代えて、図20の基板178を使用してもよい。

【0183】図38(C)はアクチュエータ106を含むモールド構造体600を備える実施形態を示す。本実施例では、取付構造体の1つとしてモールド構造体600を使用する。モールド構造体600はアクチュエータ106とモールド部364とを有する。アクチュエータ106とモールド部364とは一体に形成されている。モールド部364はシリコン樹脂等の可塑性の材料によって形成される。モールド部364は内部にリードワイヤ362を有する。モールド部364はアクチュエータ106から延びる2本の足を有するように形成されている。モールド部364はモールド部364と容器1とを液密に固定するために、モールド部364の2本の足の端が半球状に形成される。モールド部364はアクチュエータ106が容器1の内部に突出するように容器1に装着され、アクチュエータ106の振動部は容器1内のインクと接触する。モールド部364によって、アクチュエータ106の上部電極164、圧電層160、及び下部電極166はインクから保護されている。

【0184】図38(C)のモールド構造体600は、モールド部364と容器1との間にシーリング構造372が必要ないので、インクが容器1から漏れにくい。また、容器1の外部からモールド構造体600が突出しない形態であるので、アクチュエータ106を外部との接触から保護することができる。インクカートリッジが揺れる際に、インクが容器1の上面あるいは側面に付き、容器1の上面あるいは側面から垂れてきたインクが、アクチュエータ106に接触することで、アクチュエータ106が、誤作動する可能性がある。モールド構造体600は、モールド部364が、容器1の内部に突出しているため、容器1の上面や側面から垂れてきたインクにより、アクチュエータ106が誤作動しない。

【0185】図39は、図20に示したアクチュエータ106を用いたインクカートリッジ及びインクジェット記録装置の実施形態を示す。複数のインクカートリッジ180は、それぞれのインクカートリッジ180に対応

(22)

41

した複数のインク導入部182及びホルダー184を有するインクジェット記録装置に装着される。複数のインクカートリッジ180は、それぞれ異なった種類、例えば色のインクを収容する。複数のインクカートリッジ180のそれぞれの底面には、少なくとも音響インピーダンスを検出する手段であるアクチュエータ106が装着されている。アクチュエータ106をインクカートリッジ180に装着することによって、インクカートリッジ180内のインク残量を検出することができる。

【0186】図40は、インクジェット記録装置のヘッド部周辺の詳細を示す。インクジェット記録装置は、インク導入部182、ホルダー184、ヘッドプレート186、及びノズルプレート188を有する。インクを噴射するノズル190がノズルプレート188に複数形成されている。インク導入部182は空気供給口181とインク導入口183とを有する。空気供給口181はインクカートリッジ180に空気を供給する。インク導入口183はインクカートリッジ180からインクを導入する。インクカートリッジ180は空気導入口185とインク供給口187とを有する。空気導入口185はインク導入部182の空気供給口181から空気を導入する。インク供給口187はインク導入部182のインク導入口183にインクを供給する。インクカートリッジ180がインク導入部182から空気を導入することによって、インクカートリッジ180からインク導入部182へのインクの供給を促す。ホルダー184は、インクカートリッジ180からインク導入部182を介して供給されたインクをヘッドプレート186に連通する。

【0187】図41は、図40に示したインクカートリッジ180の他の実施形態を示す。図41(A)のインクカートリッジ180Aは、上下方向に斜めに形成された底面194aにアクチュエータ106が装着されている。インクカートリッジ180のインク容器194の内部には、インク容器194の内部底面から所定の高さの、アクチュエータ106と直面する位置に防波壁192が設けられている。アクチュエータ106が、インク容器194の上下方向に対し斜めに装着されているので、インクの掃けが良好になる。

【0188】アクチュエータ106と防波壁192との間には、インクで満たされた間隙が形成される。また、防波壁192とアクチュエータ106との間隔は、毛細管力によりインクが保持されない程度に空けられている。インク容器194が横揺れしたときに、横揺れによってインク容器194内部にインクの波が発生し、その衝撃によって、気体や気泡がアクチュエータ106によって検出されてアクチュエータ106が誤作動する可能性がある。防波壁192を設けることによって、アクチュエータ106付近のインクの波を防ぎ、アクチュエータ106の誤作動を防ぐことができる。

【0189】図41(B)のインクカートリッジ180

42

Bのアクチュエータ106は、インク容器194の供給口の側壁上に装着されている。インク供給口187の近傍であれば、アクチュエータ106は、インク容器194の側壁又は底面に装着されてもよい。また、アクチュエータ106はインク容器194の幅方向の中心に装着されることが好ましい。インクは、インク供給口187を通過して外部に供給されるので、アクチュエータ106をインク供給口187の近傍に設けることにより、インクニアエンド時点までインクとアクチュエータ106とが確実に接触する。したがって、アクチュエータ106はインクニアエンドの時点を実際に検出することができる。

【0190】更に、アクチュエータ106をインク供給口187の近傍に設けることで、インク容器をキャリッジ上のカートリッジホルダに装着する際に、インク容器上のアクチュエータ106とキャリッジ上の接点との位置決めが確実となる。その理由は、インク容器とキャリッジとの連結において最も重要なのは、インク供給口と供給針との確実な結合である。少しでもずれがあると供給針の先端を痛めてしまったりあるいはOリングなどのシーリング構造にダメージを与えてしまいインクが漏れ出してしまうからである。このような問題点を防ぐために、通常インクジェットプリンタはインク容器をキャリッジにマウントする時に正確な位置合わせができるような特別な構造を有している。よって供給口近傍にアクチュエータを配置させることにより、アクチュエータの位置合わせも同時に確実なものとなるのである。さらに、アクチュエータ106をインク容器194の幅方向の中心に装着することで、より確実に位置合わせすることができる。インク容器が、ホルダへの装着時に幅方向中心線を中心として軸揺動した場合に、もっともその揺れが少ないからである。

【0191】図42はインクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す。図42(A)はインクカートリッジ180Cの断面図、図42(B)は図42(A)に示したインクカートリッジ180Cの側壁194bを拡大した断面図、及び図42(C)はその正面からの透視図である。インクカートリッジ180Cは、半導体記憶手段7とアクチュエータ106とが同一の回路基板610上に形成されている。図42(B)、(C)に示すように、半導体記憶手段7は回路基板610の上方に形成され、アクチュエータ106は同一の回路基板610において半導体記憶手段7の下方に形成されている。アクチュエータ106の周囲を囲むように異型Oリング614が、側壁194bに装着される。側壁194bには、回路基板610をインク容器194に接合するためのカシメ部616が複数形成されている。カシメ部616によって回路基板610をインク容器194に接合し、異型Oリング614を回路基板610に押しつけることで、アクチュエータ106の振動領域がインクと接触するこ



(23)

43

とをできるようにしつつ、インクカートリッジの外部と内部とを液密に保つ。

【0192】半導体記憶手段7及び半導体記憶手段7付近には端子612が形成されている。端子612は半導体記憶手段7とインクジェット記憶装置等の外部との間の信号の受け渡しをする。半導体記憶手段7は、例えばEEPROMなどの書き換え可能な半導体メモリによって構成されてもよい。半導体記憶手段7とアクチュエータ106とが同一の回路基板610上に形成されているので、アクチュエータ106及び半導体記憶手段7をインクカートリッジ180Cに取付ける際に1回の取付け工程で済む。また、インクカートリッジ180Cの製造時及びリサイクル時の作業工程が簡素化される。更に、部品の点数が削減されるので、インクカートリッジ180Cの製造コストが低減できる。

【0193】アクチュエータ106は、インク容器194内のインクの消費状態を検知する。半導体記憶手段7はアクチュエータ106が検出したインク残量などインクの情報を格納する。すなわち、半導体記憶手段7は検出する際に用いられるインク及びインクカートリッジの特性等の特性パラメータに関する情報を格納する。半導体記憶手段7は、予めインク容器194内のインクがフルのとき、すなわちインクがインク容器194内に満たされたとき、又はエンドのとき、すなわちインク容器194内のインクが消費されたときの共振周波数を特性パラメータの一つとして格納する。インク容器194内のインクがフル又はエンド状態の共振周波数は、インク容器が初めてインクジェット記録装置に装着されたときに格納されてもよい。また、インク容器194内のインクがフル又はエンド状態の共振周波数は、インク容器194の製造中に格納されてもよい。半導体記憶手段7に予めインク容器194内のインクがフル又はエンドのときの共振周波数を格納し、インクジェット記録装置側で共振周波数のデータを読み出すことによりインク残量を検出する際のばらつきを補正できるので、インク残量が基準値まで減少したことを正確に検出することができる。

【0194】図43は、インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す。図43(A)に示すインクカートリッジ180Dは、インク容器194の側壁194bに複数のアクチュエータ106を装着する。図24に示した、一体成形された複数のアクチュエータ106を、これら複数のアクチュエータ106として用いることが好ましい。複数のアクチュエータ106は、上下方向に間隔をおいて側壁194bに配置されている。複数のアクチュエータ106を上下方向に間隔をおいて側壁194bに配置することによって、インク残量を段階的に検出することができる。

【0195】図43(B)に示すインクカートリッジ180Eは、インク容器194の側壁194bに上下方向に長いアクチュエータ606を装着する。上下方向に長

44

いアクチュエータ606によって、インク容器194内のインク残量の変化を連続的に検出することができる。アクチュエータ606の長さは、側壁194bに高さの半分以上の長さを有することが望ましく、図43(B)においては、アクチュエータ606は側壁194bのほぼ上端からほぼ下端までの長さを有する。

【0196】図43(C)に示すインクカートリッジ180Fは、図43(A)に示したインクカートリッジ180Dと同様に、インク容器194の側壁194bに複数のアクチュエータ106を装着し、複数のアクチュエータ106の直面に所定の間隔をおいて上下方向に長い防波壁192を備える。図24に示した、一体成形された複数のアクチュエータ106を、これら複数のアクチュエータ106として用いることが好ましい。アクチュエータ106と防波壁192との間には、インクで満たされた間隙が形成される。また、防波壁192とアクチュエータ106との間隔は、毛細管力によりインクが保持されない程度に空けられている。インク容器194が横揺れしたときに横揺れによってインク容器194内部にインクの波が発生し、その衝撃によって気体や気泡がアクチュエータ106によって検出されてしまい、アクチュエータ106が誤作動する可能性がある。本発明のように防波壁192を設けることによって、アクチュエータ106付近のインクの波立ちを防ぎ、アクチュエータ106の誤作動を防ぐことができる。また、防波壁192はインクが揺動することで発生した気泡がアクチュエータ106に侵入するのを防ぐ。

【0197】図44は、インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す。図44(A)のインクカートリッジ180Gは、インク容器194の上面194cから下方に延びる複数の隔壁212を有する。それぞれの隔壁212の下端とインク容器194の底面とは所定の間隔が空けられているので、インク容器194の底部は連通している。インクカートリッジ180Gは複数の隔壁212のそれぞれによって区画された複数の収容室213を有する。複数の収容室213の底部は互いに連通する。複数の収容室213のそれぞれにおいて、インク容器194の上面194cにはアクチュエータ106が装着されている。図24に示した、一体成形されたアクチュエータ106を、これら複数のアクチュエータ106として用いることが好ましい。アクチュエータ106は、インク容器194の収容室213の上面194cのほぼ中央に配置される。収容室213の容量はインク供給口187側が最も大きく、インク供給口187からインク容器194の奥へ遠ざかるにつれて、収容室213の容量が徐々に小さくなっている。したがって、アクチュエータ106が配置される間隔はインク供給口187側が広く、インク供給口187からインク容器194の奥へと遠ざかるにつれ、狭くなっている。

【0198】インクは、インク供給口187から排出さ

(24)

45

れ、空気が空気導入口185から入るので、インク供給口187側の収容室213からインクカートリッジ180Gの奥の方の収容室213へとインクが消費される。例えば、インク供給口187に最も近い収容室213のインクが消費されて、インク供給口187に最も近い収容室213のインクの水位が下がっている間、他の収容室213にはインクが満たされている。インク供給口187に最も近い収容室213のインクが消費され尽くすと、空気が、インク供給口187から数えて2番目の収容室213に侵入し、2番目の収容室213内のインクが消費され始めて、2番目の収容室213のインクの水位が下がり始める。この時点で、インク供給口187から数えて3番目以降の収容室213には、インクが満たされている。このように、インク供給口187に近い収容室213から遠い収容室213へと順番にインクが消費される。

【0199】このように、アクチュエータ106がそれぞれの収容室213ごとにインク容器194の上面194cに間隔をおいて配置されているので、アクチュエータ106はインク量の減少を段階的に検出することができる。更に、収容室213の容量が、インク供給口187から収容室213の奥へと徐々に小さくなっているので、アクチュエータ106が、インク量の減少を検出する時間間隔が徐々に小さくなり、インクエンドに近づくほど頻度を高く検出することができる。

【0200】図44(B)のインクカートリッジ180Hは、インク容器194の上面194cから下方に延びる一つの隔壁212を有する。隔壁212の下端とインク容器194の底面とは所定の間隔が空けられているので、インク容器194の底部は連通している。インクカートリッジ180Hは隔壁212によって区画された2室の収容室213a及び213bを有する。収容室213a及び213bの底部は互いに連通する。インク供給口187側の収容室213aの容量はインク供給口187から見て奥の方の収容室213bの容量より大きい。収容室213bの容量は、収容室213aの容量の半分より小さいことが好ましい。

【0201】収容室213bの上面194cにアクチュエータ106が装着される。更に、収容室213bには、インクカートリッジ180Hの製造時に入る気泡を捕らえる溝であるバッファ214が形成される。図44(B)において、バッファ214は、インク容器194の側壁194bから上方に延びる溝として形成される。バッファ214はインク収容室213b内に侵入した気泡を捕らえるので、気泡によってアクチュエータ106がインクエンドと検出する誤作動を防止することができる。また、アクチュエータ106を収容室213bの上面194cに設けることにより、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に対して、ドットカウンタによって把握した収容室

46

213aでのインクの消費状態に対応した補正をかけることで、最後までインクを消費することができる。更に、収容室213bの容量を隔壁212の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0202】図44(C)は、図44(B)のインクカートリッジ180Iの収容室213bに多孔質部材216が充填されている。多孔質部材216は、収容室213b内の上面から下面までの全空間を埋めるように設置される。多孔質部材216は、アクチュエータ106と接触する。インク容器が倒れたときや、キャリッジ上での往復運動中に空気がインク収容室213b内に侵入してしまい、これがアクチュエータ106の誤作動を引き起こす可能性がある。しかし、多孔質部材216が備えられていれば、空気を捕らえてアクチュエータ106に空気が入るのを防ぐことができる。また、多孔質部材216はインクを保持するのでインク容器が揺れることにより、インクがアクチュエータ106にかかってアクチュエータ106がインク無しをインク有りとして誤検出するのを防ぐことができる。多孔質部材216は最も容量が小さい収容室213に設置することが好ましい。また、アクチュエータ106を収容室213bの上面194cに設けることにより、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に補正をかけ、最後までインクを消費することができる。更に、収容室213bの容量を隔壁212の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0203】図44(D)は、図44(C)のインクカートリッジ180Iの多孔質部材216が孔径の異なる2種類の多孔質部材216A及び216Bによって構成されているインクカートリッジ180Jを示す。多孔質部材216Aは、多孔質部材216Bの上方に配置されている。上側の多孔質部材216Aの孔径は、下側の多孔質部材216Bの孔径より大きい。もしくは、多孔質部材216Aは、多孔質部材216Bよりも液体親和性が低い部材で形成される。孔径の小さい多孔質部材216Bの方が孔径の大きい多孔質部材216Aより毛細管力は大きいので、収容室213b内のインクが下側の多孔質部材216Bに集まり、保持される。したがって、一度空気がアクチュエータ106まで到達してインク無しを検出すると、インクが再度アクチュエータに到達してインク有りとして検出することが無い。更に、アクチュエータ106から遠い側の多孔質部材216Bにインクが吸収されることで、アクチュエータ106近傍のインクの捌けが良くなり、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の変化量が大きくなる。また、アクチュエータ106を収容室213bの上面194cに設け



(25)

47

ることにより、インクニアエンドが検出されてから完全にインクエンド状態になるまでのインク量に補正をかけ、最後までインクを消費することができる。更に、収容室213bの容量を隔壁212の長さや間隔を変えたりすることなどによって調節することにより、インクニアエンド検出後の消費可能インク量を変えることができる。

【0204】図45は、図44(C)に示したインクカートリッジ180Iの他の実施形態であるインクカートリッジ180Kを示す断面図である。図45に示すインクカートリッジ180の多孔質部材216は、多孔質部材216の下部の水平方向の断面積が、インク容器194の底面の方向にむけて徐々に小さくなるように圧縮され、孔径が小さくなるよう設計されている。図45

(A)のインクカートリッジ180Kは、多孔質部材216の下の方の孔径が小さくなるように圧縮するために側壁にリブが設けられている。多孔質部材216下部の孔径は圧縮されることにより、小さくなっているため、インクは多孔質部材216下部へと集められ、保持される。アクチュエータ106から遠い側の多孔質部材216下部にインクが吸収されることで、アクチュエータ106近傍のインクの捌けが良くなり、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の変化量が大きくなる。したがって、インクが揺れることによってインクカートリッジ180K上面に装着されたアクチュエータ106にインクがかかってしまい、アクチュエータ106が、インク無しをインク有りと誤検出することを防止することができる。

【0205】一方、図45(B)及び図45(C)のインクカートリッジ180Lは、多孔質部材216の下部の水平方向の断面積が、インク容器194の幅方向において、インク容器194の底面にむけて徐々に小さくなるよう圧縮するために、収容室の水平方向の断面積がインク容器194の底面の方向にむけて徐々に小さくなっている。多孔質部材216下部の孔径は圧縮されることにより、小さくなっているため、インクは多孔質部材216の下部へと集められ、保持される。アクチュエータ106から遠い側の多孔質部材216Bの下部にインクが吸収されることで、アクチュエータ106近傍のインクの捌けが良くなり、インク有無を検出するときの音響インピーダンス変化の変化量が大きくなる。したがって、インクが揺れることによって、インクカートリッジ180Lの上面に装着されたアクチュエータ106にインクがかかってしまい、アクチュエータ106が、インク無しをインク有りと誤検出することを防止することができる。

【0206】図46は、アクチュエータ106を用いたインクカートリッジの更に他の実施形態を示す。図46

(A)のインクカートリッジ220Aは、インクカートリッジ220Aの上面から下方へと延びるように設けら

48

れた第1の隔壁222を有する。第1の隔壁222の下端とインクカートリッジ220Aの底面との間には所定の間隔が空けられているので、インクは、インクカートリッジ220Aの底面を通じてインク供給口230へ流入できる。第1の隔壁222よりインク供給口230側には、インクカートリッジ220Aの底面より上方に延びるように第2の隔壁224が、形成されている。第2の隔壁224の上端とインクカートリッジ220A上面との間には所定の間隔が空けられているので、インクは、インクカートリッジ220Aの上面を通じてインク供給口230へ流入できる。

【0207】第1の隔壁222によって、インク供給口230から見て、第1の隔壁222の奥の方に第1の収容室225aが形成される。一方、第2の隔壁224によって、インク供給口230から見て第2の隔壁224の手前側に第2の収容室225bが形成される。第1の収容室225aの容量は、第2の収容室225bの容量より大きい。第1の隔壁222及び第2の隔壁224の間に、毛管現象を起こせるだけの間隔が空けられることにより、毛管路227が形成される。したがって、第1の収容室225aのインクは、毛管路227の毛細管力により、毛管路227に集められる。そのため、気体や気泡が第2の収容室225bへ混入するのを防止することができる。また、第2の収容室225b内のインクの水位は、安定的に徐々に下降できる。インク供給口230から見て、第1の収容室225aは、第2の収容室225bより奥に形成されているので、第1の収容室225aのインクが消費された後、第2の収容室225bのインクが消費される。

【0208】インクカートリッジ220Aのインク供給口230側の側壁、すなわち第2の収容室225bのインク供給口230側の側壁には、アクチュエータ106が装着されている。アクチュエータ106は、第2の収容室225b内のインクの消費状態を検知する。アクチュエータ106を、第2の収容室225bの側壁に装着することによって、インクエンドにより近い時点でのインク残量を安定的に検出することができる。更に、アクチュエータ106を第2の収容室225bの側壁に装着する高さを変えることにより、どの時点でのインク残量をインクエンドにするかを、自由に設定することができる。毛管路227によって第1の収容室225aから第2の収容室225bへインクが供給されることにより、アクチュエータ106は、インクカートリッジ220Aの横揺れによるインクの横揺れの影響を受けないので、アクチュエータ106は、インク残量を確実に測定できる。更に、毛管路227が、インクを保持するので、インクが第2の収容室225bから第1の収容室225aへ逆流するのを防ぐ。

【0209】インクカートリッジ220Aの上面には、逆止弁228が設けられている。逆止弁228によつ

50



(26)

49

て、インクカートリッジ220Aが横揺れしたときに、インクがインクカートリッジ220A外部に漏れるのを防ぐことができる。更に、逆止弁228をインクカートリッジ220Aの上面に設置することで、インクのインクカートリッジ220Aからの蒸発を防ぐことができる。インクカートリッジ220A内のインクが消費されて、インクカートリッジ220A内の負圧が逆止弁228の圧力を越えると、逆止弁228が開いて、インクカートリッジ220Aに空気を吸入し、その後閉じてインクカートリッジ220A内の圧力を一定に保持する。

【0210】図46(C)及び(D)は、逆止弁228の詳細の断面を示す。図46(C)の逆止弁228は、ゴムにより形成された羽根232aを有する弁232を有する。インクカートリッジ220の外部との通気孔233が、羽根232aに対向してインクカートリッジ220に設けられる。羽根232aによって、通気孔233が、開閉される。逆止弁228は、インクカートリッジ220内のインクが減少し、インクカートリッジ220内の負圧が逆止弁228の圧力を越えると、羽根232aが、インクカートリッジ220の内側に開き、外部の空気をインクカートリッジ220内に取り入れる。図46(D)の逆止弁228は、ゴムにより形成された弁232とバネ235とを有する。逆止弁228は、インクカートリッジ220内の負圧が逆止弁228の圧力を越えると、弁232が、バネ235を押圧して開き、外部の空気をインクカートリッジ220内に吸入し、その後閉じてインクカートリッジ220内の負圧を一定に保持する。

【0211】図46(B)のインクカートリッジ220Bは、図46(A)のインクカートリッジ220Aにおいて逆止弁228を設ける代わりに第1の収容室225aに多孔質部材242を配置している。多孔質部材242は、インクカートリッジ220B内のインクを保持すると共に、インクカートリッジ220Bが横揺れしたときに、インクがインクカートリッジ220Bの外部へ漏れるのを防ぐ。

【0212】以上、キャリッジに装着される、キャリッジと別体のインクカートリッジにおいて、インクカートリッジ又はキャリッジにアクチュエータ106を装着する場合について述べたが、キャリッジと一体化され、キャリッジと共に、インクジェット記録装置に装着されるインクタンクにアクチュエータ106を装着してもよい。更に、キャリッジと別体の、チューブ等を介して、キャリッジにインクを供給するオフキャリッジ方式のインクタンクにアクチュエータ106を装着してもよい。またさらに、記録ヘッドとインク容器とが一体となって交換可能に構成されたインクカートリッジに、本発明のアクチュエータを装着してもよい。

【0213】「液体センサと記憶手段(消費情報メモリ)」以上、本実施の形態にかかるインク消費検出機能

50

付きの各種のインクカートリッジについて説明した。これらのインクカートリッジは、液体センサ(アクチュエータ等)と記憶手段(半導体記憶手段)を備えていた。本実施の形態の特徴として、これら構成の組合せにより得られる機能と利点を以下に説明する。

【0214】図47を参照すると、インクカートリッジ800は、例えば図1のカートリッジに相当する。インクカートリッジ800は、液体センサ802および消費情報メモリ804を有する。液体センサ802は、上述した弾性波発生手段またはアクチュエータで構成され、インク消費状態に応じた信号を出力する。消費情報メモリ804は、本発明の液体容器用の記憶手段の一形態である。消費情報メモリ804は、EEPROM等の書き換え可能なメモリであり、上述の半導体記憶手段(図1、参照番号7)に相当する。

【0215】記録装置制御部810は、インクジェット記録装置を制御するコンピュータで構成される。記録装置制御部810は消費検出処理部812を有する。消費検出処理部812、液体センサ802および消費情報メモリ804によりインク消費検出装置が構成される。消費検出処理部812は、液体センサ802を制御して消費状態を検出し、消費関連情報を消費情報メモリ804に書き込み、さらに消費関連情報を消費情報メモリ804から読み出す。

【0216】記録装置制御部810はさらに消費情報提示部814および印刷動作制御部816を有する。消費情報提示部814は、消費検出処理部812が検出した消費状態情報を、ディスプレイ818およびスピーカ820を用いてユーザに提示する。ディスプレイ818にはインク残量を示す図形等が表示され、スピーカ820からはインク残量を示す報知音または合成音声出力される。合成音声により、適切な操作が案内されてもよい。

【0217】印刷動作制御部816は、消費検出処理部812が検出した消費状態情報に基づき、印刷動作部822を制御する。印刷動作部822は、印字ヘッド、ヘッド移動装置、用紙送り装置等である。例えば、消費検出処理部812は、インク残量がなくなつたと判断されるとき、印刷動作部822に印字動作を停止させる。

【0218】記録装置制御部810は、検出された消費状態に基づいて、さらに他の構成を制御してもよい。例えば、インク補充装置、インクカートリッジ交換装置などが設けられ、それらが制御されてもよい。

【0219】次に、消費情報メモリ804について詳細に説明する。消費情報メモリ804は、液体センサ802を用いた消費状態の検出に関連する消費関連情報を記憶する。消費関連情報は、検出された消費状態情報を含む。消費状態情報は、消費情報メモリ804の消費状態情報記憶部806に記憶される。消費検出処理部812は、液体センサ802を用いて得られた消費状態情報を

(27)

51

消費状態情報記憶部806に書き込む。そして、この消費状態情報が読み出され、記録装置制御部810にて使用される。

【0220】消費状態情報を消費情報メモリ804に記憶することは、特にインクカートリッジ800の脱着において有利である。インクが途中まで消費された状態で、インクカートリッジ800がインクジェット記録装置から取り外されたとする。インク消費状態を記憶した消費情報メモリ804が、常にインクカートリッジ800と一緒にある。インクカートリッジ800は再度同じインクジェット記録装置に装着され、あるいは別のインクジェット記録装置に装着される。このとき、消費情報メモリ804から消費状態が読み出され、その消費状態に基づいて記録装置制御部810が動作する。例えば、インクが空またはインク残量が少ないカートリッジが装着されたことが分かり、その旨がユーザに伝えられる。このようにして、脱着後、インクカートリッジ800の以前の消費状態情報を確実に利用できる。

【0221】消費状態情報は、さらに、印刷量から推定した消費状態を記憶してもよい。印刷量は、例えばインクジェット記録のドット数で表される。一つのドットに対応するインク量は予め分かっている。ドットのサイズに応じたインク量の相違が考慮されてもよい。印刷処理におけるドット数からインク消費量を推定できる。液体センサ802は、インク液面の通過を確実に検出できる。そこで、液面通過の前後のインク消費状態を印刷量から推定することが好適である。この推定値が消費情報メモリ804に格納される。

【0222】なお、液体センサ802による液面通過の検知は、例えば前述した残留振動状態の変化に基づいて実現される。残留振動状態は音響インピーダンスに対応している。また液面通過は、前述した弾性波に対する反射波を利用して検出されてもよい。

【0223】また、消費関連情報は検出特性情報を含む。検出特性情報は、液体センサを用いて消費状況を取得する場合に用いられる情報である。本実施の形態では、検出特性情報は、液体の消費状態に応じて検出されるべき特性である。検出特性情報は、例えば音響インピーダンスの大きさを表す共振周波数の情報である。本実施の形態では、検出特性情報として、消費前検出特性情報および消費後検出特性情報が記憶される。消費前検出特性情報は、インクの消費を開始する前の検出特性、すなわち、インクフル状態における検出特性を示す。消費後検出特性情報は、インクが所定の検出目標まで消費されたときに検出される予定の検出特性、具体的には、インク液面が液体センサ802を下回ったときの検出特性を示す。

【0224】消費検出処理部812は、検出特性情報を読み出し、その検出特性情報に基づいて、液体センサ802を用いてインク消費状態を検出する。消費前検出特

52

性に対応する検出信号が得られた場合、インクの消費がまだ進んでおらず、インクの残量は多いと考えられる。少なくとも、インク液面が液体センサ802より上にあることは確実に分かる。一方、消費後検出特性に対応する検出信号が得られたときは、インクの消費が進み、残量が少ない。インク液面は液体センサ802を下回っている。

【0225】検出特性情報を消費情報メモリ804に記憶することの利点の一つを説明する。検出特性は、インクカートリッジの形状、液体センサの仕様、およびインクの仕様、等の各種の要因によって決まる。改良等の設計変更が行われたときには、検出特性も変化することがある。消費検出処理部812が常に同じ検出特性情報を使用すると、こうした検出特性の変化への対処が容易でない。一方、本実施の形態では、検出特性情報が消費情報メモリ804に記憶され、利用される。したがって、検出特性の変化に容易に対処できる。もちろん、新しい仕様のインクカートリッジが提供されるときも、そのカートリッジの検出特性情報を記録装置が容易に利用できる。

【0226】さらに好ましくは、個々のインクカートリッジごとの検出特性情報が測定され、消費情報メモリ804に格納される。インクカートリッジの仕様が同じでも、製造ばらつきによって検出特性が異なる。例えば、容器の形状や肉厚に応じて検出特性が異なる。本実施の形態では、各インクカートリッジが消費情報メモリ804を有するので、その消費情報メモリ804に固有の検出特性情報を格納できる。製造ばらつきの検出への影響を低減でき、検出精度を向上できる。このように、本実施の形態は、個々のインクカートリッジの検出特性の相違に対して有利である。

【0227】また、検出特性情報は、予めプリンタ（インクジェット記録装置）のプリンタドライバが持っている検出のための情報を補正するための「補正情報」のかたちをとってもよい。プリンタドライバは、検出用の基準の特性情報を持っている。カートリッジ側のメモリの検出特性情報は、カートリッジの種類に合わせて、あるいは、カートリッジの個体差に合わせて基準の特性情報を補正するための情報である。検出特性情報は、具体的な補正值でもよい。あるいは、補正情報としての検出特性情報は、補正するための識別記号でもよい。この識別記号に対応する補正が、プリンタ側で行われる。

【0228】消費情報メモリ804は、さらに、本発明の液体容器の記憶手段として、インクに関する情報を記憶する。消費情報メモリ804はインク種情報を記憶する。さらに、この記憶手段は、製造年月日、クリーニングシーケンス情報、画像処理情報などを記憶する。これら情報は、インクジェット記録装置の制御にも好適に利用可能である。

【0229】図48は、消費情報メモリ804を利用す



(28)

53

る消費検出処理部812の処理を示している。まず、インクカートリッジが装着されたか否かが判定される(S10)。新品または途中まで使用されたインクカートリッジが装着されたことが検出される。この処理は、インクジェット記録装置に備えられたスイッチ等(図示せず)を用いる。カートリッジが装着されると、消費情報メモリ804から検出特性情報が読み出され(S12)、さらに消費状態情報が読み出される(S14)。記録装置制御部810の消費情報提示部814および印刷動作制御部816は、読み出された消費状態情報を利用する。

【0230】消費検出処理部812は、読み出した検出特性情報に基づいて、液体センサ802を用いてインク消費状態を検出する(S16)。検出された消費状態は消費情報メモリ804に格納される(S18)。この消費状態も記録装置制御部810に利用される。インクカートリッジが取り外されたか否かが判断され(S20)、取り外されていないならばS16に戻る。

【0231】次に、検出特性情報を消費情報メモリ804に格納する適切なタイミングを説明する。ここでは、個々のインクカートリッジの検出特性の実測値を格納することを想定する。

【0232】図49を参照すると、新品のインクカートリッジは、標準的な検出特性を格納した消費情報メモリ804を搭載している。このインクカートリッジがインクジェット記録装置に装着された後に、検出特性が測定される。検出特性は、装着から印刷開始前の間に測定される。測定を確実に行うべく、装着直後に検出特性を測定することが好ましい。

【0233】検出特性は、通常のインク消費の検出と同様の方法で測定される。液体センサ802を用いて消費状態が検出され、その検出結果(測定値)が、新品時の検出特性として記録される。初期設定の標準的な検出特性が、測定値へと変更される。印刷が開始されると、修正後の検出特性を用いて消費状態が検出される。検出特性と、新たに得られる検出結果との相違から、インク消費の進行状況が把握される。

【0234】本実施の形態によれば、こうした初期の検出特性の調整により、インクカートリッジの個体差に基づくばらつきを適切に吸収でき、検出精度の向上が図れる。

【0235】検出特性を消費情報メモリ804に格納するもう一つの適切なタイミングを説明する。検出特性情報の測定値は、インクカートリッジの製造過程において格納されてもよい。この場合も、インクカートリッジの個体差に基づくばらつきを適切に吸収でき、検出精度を向上できる。またこの形態では、インク注入前の検出特性の測定および記録が可能である。したがって、消費前検出特性情報と消費後検出特性情報の両方の測定値を消費情報メモリ804に格納できる。

54

【0236】次に、インクカートリッジ800上での液体センサ802および消費情報メモリ804の配置について説明する。

【0237】液体センサ802と消費情報メモリ804とは、インクカートリッジ800上の異なる場所に配置されていてもよい(図1、図7等)。両構成は、インクカートリッジ800上の同一壁面上で異なる場所に配置されていてもよい(図42)。両構成は、それぞれ、インクカートリッジ800の異なる壁面に配置されていてもよい(図1等)。液体センサ802の設置される壁面が、消費情報メモリ804の設置される壁面と直交していてもよい(図7、図9)。

【0238】図50を参照すると、好ましくは、液体センサ802および消費情報メモリ804が、容器幅方向の中央に備えられる。図50において、供給口830はカートリッジ下面に設けられている。液体センサ802および消費情報メモリ804は縦壁に設けられている。これらはすべて容器幅方向の中央にある。さらに、液体センサ802および消費情報メモリ804は供給口830の近傍に設けられている。こうした配置の利点を以下に説明する。

【0239】図51(a)および図51(b)は、供給口の位置決め構成例を示している。カートリッジ下面の供給口(図示せず)の周囲に、四角形の位置決め突起832が設けられている。位置決め突起832は、記録装置側の位置決め凹部834に嵌め込まれる。位置決め凹部834は、位置決め突起832と対応する形状をもつ。

【0240】上記の構成では、供給口830にてインクカートリッジがインクジェット記録装置に位置決めされる。供給口830、液体センサ802および消費情報メモリ804が共に容器の幅方向の中央に設けられている。したがって、供給口830を中心に水平方向へと多少回転した状態でカートリッジが装着されたとしても、そのような回転による液体センサ802および消費情報メモリ804の位置ずれ量が少なくなり、これにより位置決め精度を向上できる。

【0241】さらに、上記の例に示されるように、一般に供給口には高い位置決め精度が要求され、この要求を満たす位置決め用構成が設けられている。供給口の近傍にセンサおよびメモリを設けることにより、供給口の位置決め用構成が、センサおよびメモリの位置決め用構成としても機能する。一つの位置決め用構成が供給口だけでなく、センサおよびメモリに作用する。簡単な構成でセンサおよびメモリの位置決めができる。そして検出精度の向上も図れる。

【0242】また好ましい一つの実施の形態では、液体センサ802と消費情報メモリ804とは同一の消費検出基板上に設けられる。図42はこうした構成の例を示す。図42では、半導体メモリ7とアクチュエータ10



(29)

55

6が同一基板610に設けられている。この構成によれば、センサおよびメモリの取付が容易である。図52では、さらに、消費検出基板836は、供給口830の近傍であって、容器幅方向の中央に配置されている。これにより、上述したように位置ずれを小さくできる。

【0243】また、好ましくは、液体センサ（アクチュエータ）と取付構造体が一体化された取付モジュール体が消費検出基板に装着される。取付モジュール体は図32等々に示されている。取付モジュール体の採用により、前述したように、液体センサを外部から保護できる。また取付が容易になり、作業を簡略化でき、コストの低減を図れる。

【0244】図42に戻ると、本実施の形態では、消費検出基板を液体容器に対して位置決めする位置決め構造が設けられている。図42では参照番号が省略されているが、図42（B）の側面図に示されるように、インクカートリッジから外側に向かって、基板取付用の複数の突起が突出している。この突起は、位置決め機能をもつ。突起の本数は5本である。図42（C）の正面図に示されるように、上方に1本、中央に2本、下方に2本の突起が設けられる。これらの突起が、基板610の位置決め孔（かつ取付孔）に嵌まっている。これにより基板が正確に位置決めされるので、取付位置精度を向上できる。

【0245】基板の位置決め構造は上記に限定されない。切欠き溝と突起に係合してもよい。容器側の凹部に基板が嵌まってもよい。装着時に、凹部の内壁により基板の外周が拘束され、これにより位置決めが実現される。凹部の全周と、基板の全周が同じ形状をもたなくてもよい。凹部に少なくとも2本のリブが設けられ、これらのリブに基板が挟まれてもよい。

【0246】次に、本発明の別の実施の形態を説明する。

【0247】図53は、本実施の形態のインク消費検出装置が備えられたインクジェット記録装置の機能ブロック図である。図47の構成と異なり、インクカートリッジ900は液体センサ902のみを備える。消費情報メモリ910は、記録装置制御部904に配置されている。

【0248】記録装置制御部904は、図47の構成と同様に、消費検出処理部906、消費情報提示部912および印刷動作制御部914を有する。消費情報提示部912はディスプレイ916およびスピーカ918を用いて、検出された消費状態をユーザに提示する。印刷動作制御部914は、検出された消費状態に基づいて印刷動作部920を制御する。

【0249】記録装置制御部904は、さらに、カートリッジ識別部908を有する。消費検出処理部906、カートリッジ識別部908、消費情報メモリ910および液体センサ902により、インク消費検出装置が構成

56

される。

【0250】カートリッジ識別部908は、インクジェット記録装置に装着されているインクカートリッジを識別する。識別されたインクカートリッジに対応する消費関連情報が消費情報メモリ910から読み出される。前述したように、消費関連情報は、消費状態情報と検出特性情報を含む。検出結果である消費状態情報は、消費情報提示部912および印刷動作制御部914で使われる。検出特性情報は、消費検出処理部906で検出処理に使われる。

【0251】上記の検出装置の動作例を説明する。インクカートリッジ900が装着されたとき、カートリッジ識別部908が、インクカートリッジ900を識別し、識別情報を消費情報メモリ910に記録する。例えば、インクカートリッジ900に付けられた識別番号が読みとられる。識別情報は、液体センサ902から入手されてもよい。また装着の際、図49を用いて説明したように、検出特性が測定され、消費情報メモリ910に格納される。この検出特性を用いて消費状態が測定され、消費情報メモリ910に記録される。

【0252】インクカートリッジ900が取り外され、再度装着されたとする。このとき、再装着されたカートリッジの情報が消費情報メモリ910に残っている。その情報が読み出され、以降の処理に使用される。

【0253】このように、本実施の形態によれば、消費情報メモリが記録装置側に配置されている場合でも、上述の実施の形態と同様の利点が得られる。

【0254】本実施の形態を応用したさらなる各種の変形も可能である。例えば、消費情報メモリは、インクカートリッジと記録装置制御部に分けられてもよい。一方が消費状態を記録し、他方が検出特性情報を記録してもよい。また一方が標準的な検出特性情報を記録し、他方が検出特性の測定値を記録してもよい。

【0255】別の実施の形態では、消費情報メモリがインクカートリッジに設けられ、液体センサが記録装置側に設けられてもよい。このような構成の例は、図15に示されている。さらに、液体センサおよび消費情報メモリの両方を記録装置に設けた構成も採用可能である。

【0256】実施の形態に関する他の変形例を説明する。

【0257】本実施の形態では、消費関連情報として、検出結果である消費状態と、検出に使う検出特性情報とが消費情報メモリに記録された。これに対して、一方の情報のみが記録されてもよい。

【0258】図47および図52では、1つの液体センサがインクカートリッジに設けられた。これに対して、複数の液体センサが設けられてもよい。これら複数の液体センサを用いることにより詳細な消費状態が記録される。また、各液体センサのために検出特性情報を記録することが好ましい。

(30)

57

【0259】本実施の形態では、液体センサは圧電素子で構成された。前述したように、圧電素子を用いて、音響インピーダンスの変化が検出されてもよい。弾性波に対する反射波を利用して消費状態が検出されてもよい。弾性波の発生から反射波の到着までの時間が求められる。圧電素子の機能を利用する何らかの原理で消費状態が検出されればよい。

【0260】本実施の形態では、液体センサが振動を発生するとともに、インク消費状態を示す検出信号を発生した。これに対して、液体センサは自分で振動を発生しないでもよい。すなわち、振動発生と検出信号出力の両方を行わないもよい。別のアクチュエータによって振動が発生される。あるいは、キャリッジの移動などに伴ってインクカートリッジに振動が発生したときに、インク消費状態を示す検出信号を液体センサが生成してもよい。積極的に振動を発生することなく、プリンタ動作によって自然に発生する振動を用いてインク消費が検出される。

【0261】図47および図52の記録装置制御部の機能は、記録装置のコンピュータにより実現されなくてもよい。一部または全部の機能が、外部のコンピュータに設けられてもよい。ディスプレイおよびスピーカも、外部のコンピュータに設けられてもよい。

【0262】本実施の形態では、液体容器がインクカートリッジであり、液体利用装置がインクジェット記録装置であった。しかし、液体容器は、インクカートリッジ以外のインク容器、インクタンクでもよい。例えば、ヘッド側のサブタンクでもよい。また、インクカートリッジは、いわゆるオフキャリッジタイプのカートリッジでもよい。さらに、インク以外の液体を収容する容器に本発明が適用されてもよい。

【0263】以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることができる。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【0264】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、液体容器に記憶手段を備える構成の採用により、検出結果を好適に利用でき、また、検出能力の向上が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】単色、例えばブラックインク用のインクカートリッジの一実施例を示す図である。

【図2】複数種類のインクを収容するインクカートリッジの一実施例を示す図である。

【図3】図1及び2に示したインクカートリッジに適したインクジェット記録装置の一実施例を示す図である。

【図4】サブタンクユニット33の詳細な断面を示す図

58

である。

【図5】弾性波発生手段3、15、16、及び17の製造方法を示す図である。

【図6】図5に示した弾性波発生手段3の他の実施形態を示す図である。

【図7】本発明のインクカートリッジの他の実施例を示す図である。

【図8】本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す図である。

10 【図9】本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す図である。

【図10】本発明のインクカートリッジの更に他の実施例を示す図である。

【図11】本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

【図12】図11に示したインクカートリッジの他の実施形態を示す図である。

【図13】本発明のインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

20 【図14】貫通孔1cの更に他の実施形態の平面を示す図である。

【図15】本発明のインクジェット記録装置の実施形態の断面を示す図である。

【図16】図15に示した記録装置に適したインクカートリッジの実施形態を示す図である。

【図17】本発明のインクカートリッジ272の他の実施形態を示す図である。

30 【図18】本発明のインクカートリッジ272及びインクジェット記録装置の更に他の実施形態を示す図である。

【図19】図16に示したインクカートリッジ272の他の実施形態を示す図である。

【図20】アクチュエータ106の詳細を示す図である。

【図21】アクチュエータ106の周辺およびその等価回路を示す図である。

【図22】インクの密度とアクチュエータ106によって検出されるインクの共振周波数との関係を示す図である。

40 【図23】アクチュエータ106の逆起電力波形を示す図である。

【図24】アクチュエータ106の他の実施形態を示す図である。

【図25】図24に示したアクチュエータ106の一部分の断面を示す図である。

【図26】図26に示したアクチュエータ106の全体の断面を示す図である。

【図27】図24に示したアクチュエータ106の製造方法を示す図である。

50 【図28】本発明のインクカートリッジの更に他の実施

(31)

59

形態を示す図である。

【図29】貫通孔1cの他の実施形態を示す図である。

【図30】アクチュエータ660の他の実施形態を示す図である。

【図31】アクチュエータ670の更に他の実施形態を示す図である。

【図32】モジュール体100を示す斜視図である。

【図33】図32に示したモジュール体100の構成を示す分解図である。

【図34】モジュール体100の他の実施形態を示す図である。

【図35】図34に示したモジュール体100の構成を示す分解図である。

【図36】モジュール体100の更に他の実施形態を示す図である。

【図37】図32に示したモジュール体100をインク容器1に装着した断面の例を示す図である。

【図38】モジュール体100の更に他の実施形態を示す図である。

【図39】図20および図21に示したアクチュエータ106を用いたインクカートリッジ及びインクジェット記録装置の実施形態を示す図である。

【図40】インクジェット記録装置の詳細を示す図である。

【図41】図40に示したインクカートリッジ180の他の実施形態を示す図である。

【図42】インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す図である。

【図43】インクカートリッジ180の更に他の実施形態を示す図である。

【図44】インクカートリッジ180の更に他の実施形

60

態を示す図である。

【図45】図44(C)に示したインクカートリッジ180の他の実施形態を示す図である。

【図46】モジュール体100を用いたインクカートリッジの更に他の実施形態を示す図である。

【図47】インクカートリッジに液体センサおよび消費情報メモリを設ける構成を、インクジェット記録装置とともに示すブロック図である。

【図48】図46の消費検出処理部の動作を示すフローチャートである。

【図49】図46の消費情報メモリへの検出特性の記録タイミングを示す図である。

【図50】インクカートリッジへの液体センサおよび消費情報メモリの配置の例を示す図である。

【図51】インクカートリッジの供給口の配置の例を示す図である。

【図52】インクカートリッジへの液体センサおよび消費情報メモリの配置の例を示す図である。

【図53】別の実施の形態に係るインクジェット記録装置の例を示す図である。

【符号の説明】

800 インクカートリッジ

802 液体センサ

804 消費情報メモリ

806 消費状態情報記憶部

808 検出特性情報記憶部

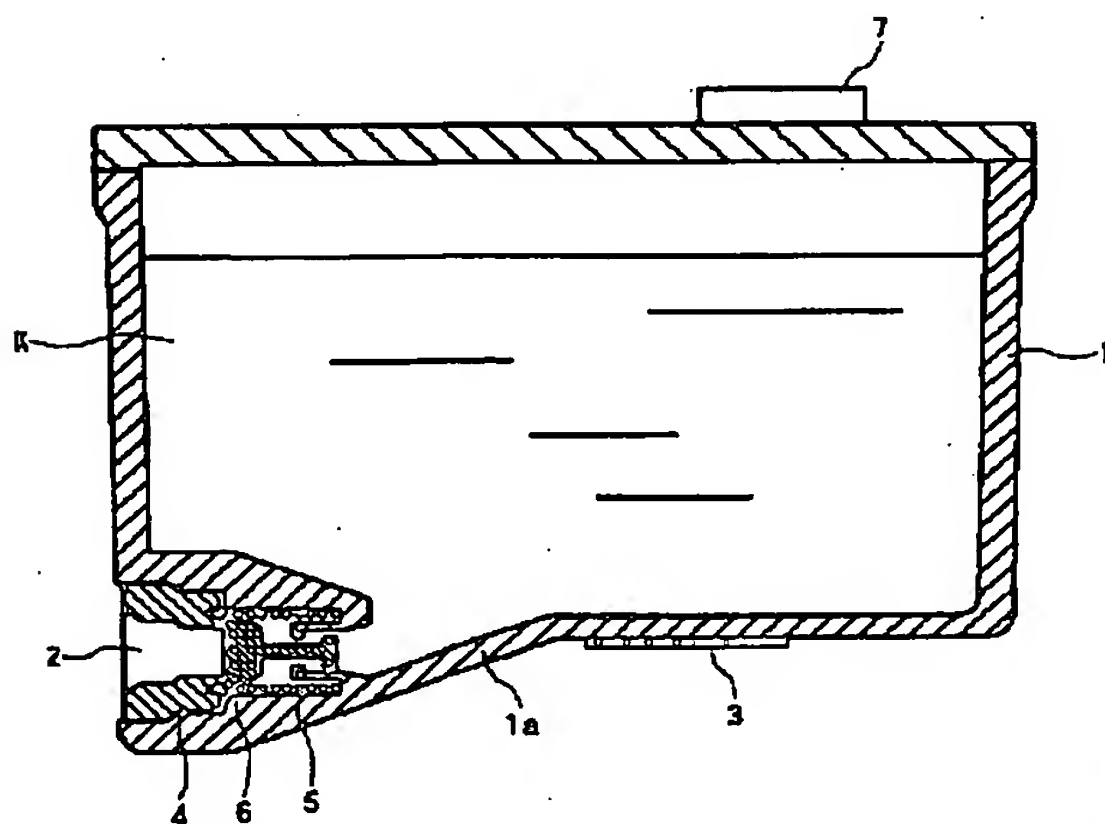
810 記録装置制御部

812 消費検出処理部

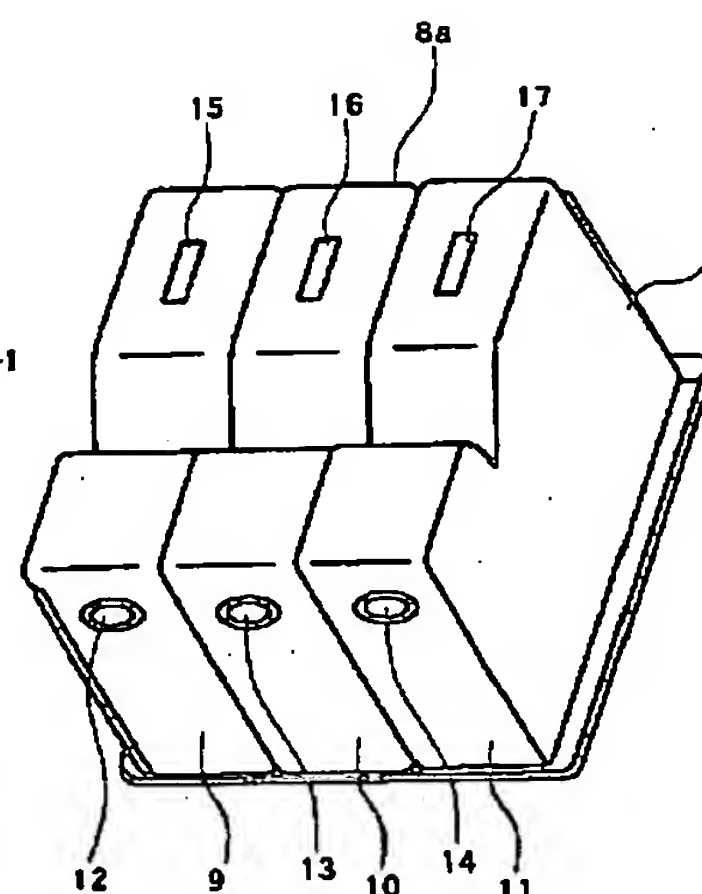
814 消費情報提示部

30 816 印刷動作制御部

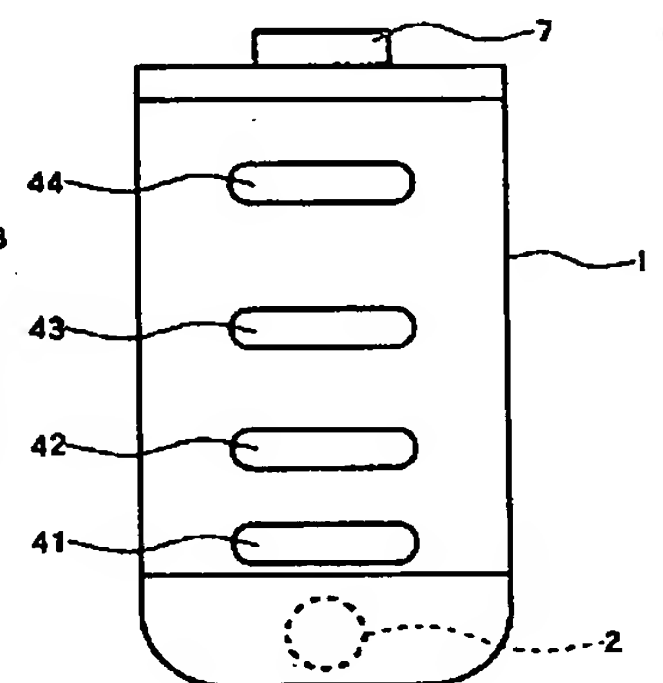
【図1】



【図2】



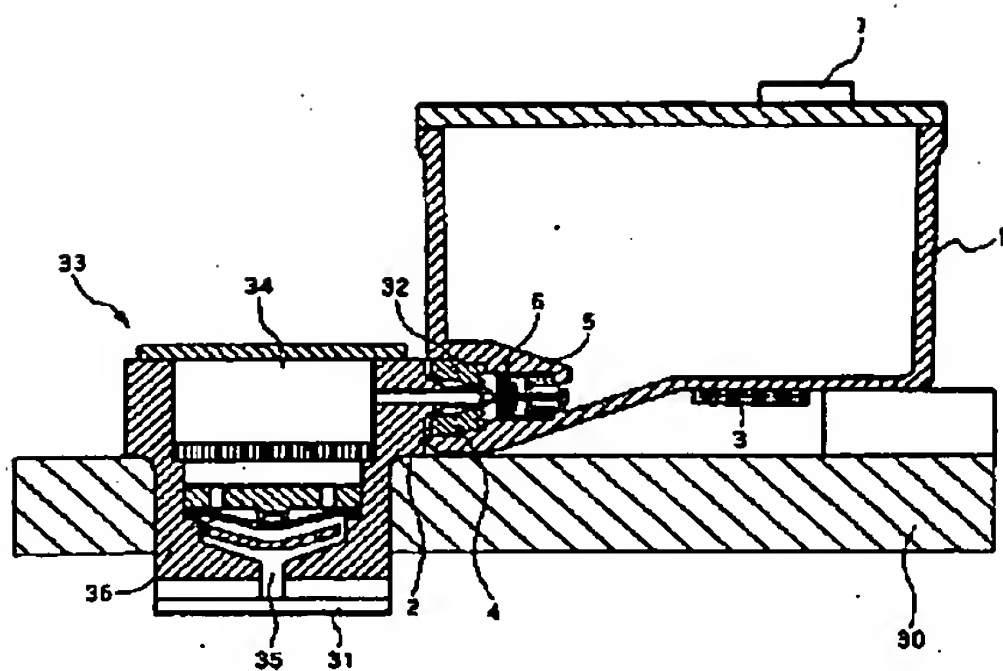
【図7】



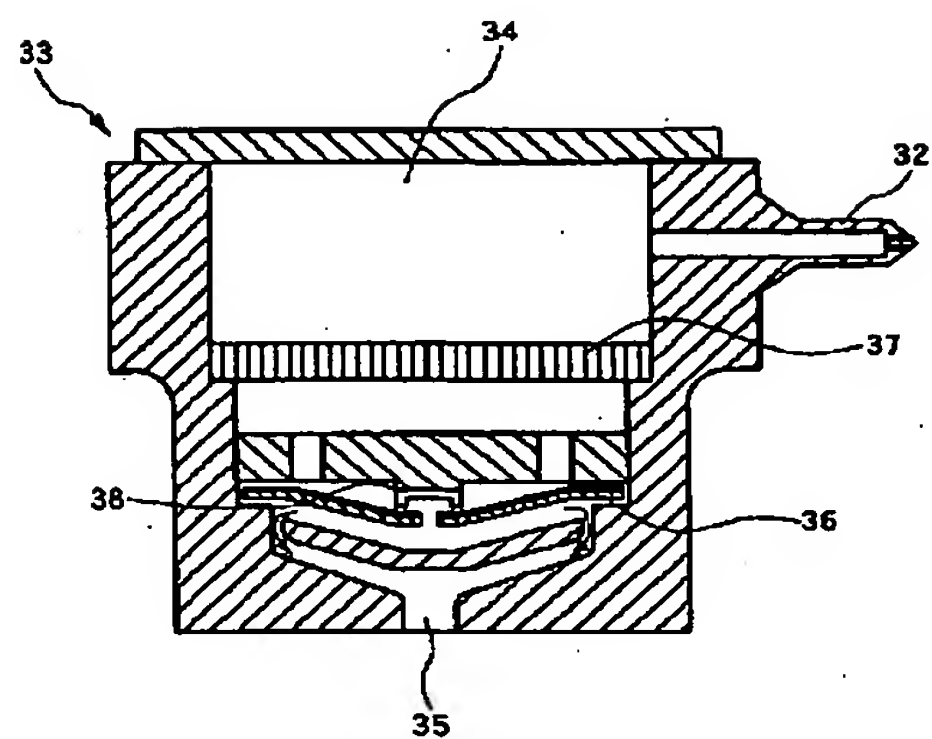


(32)

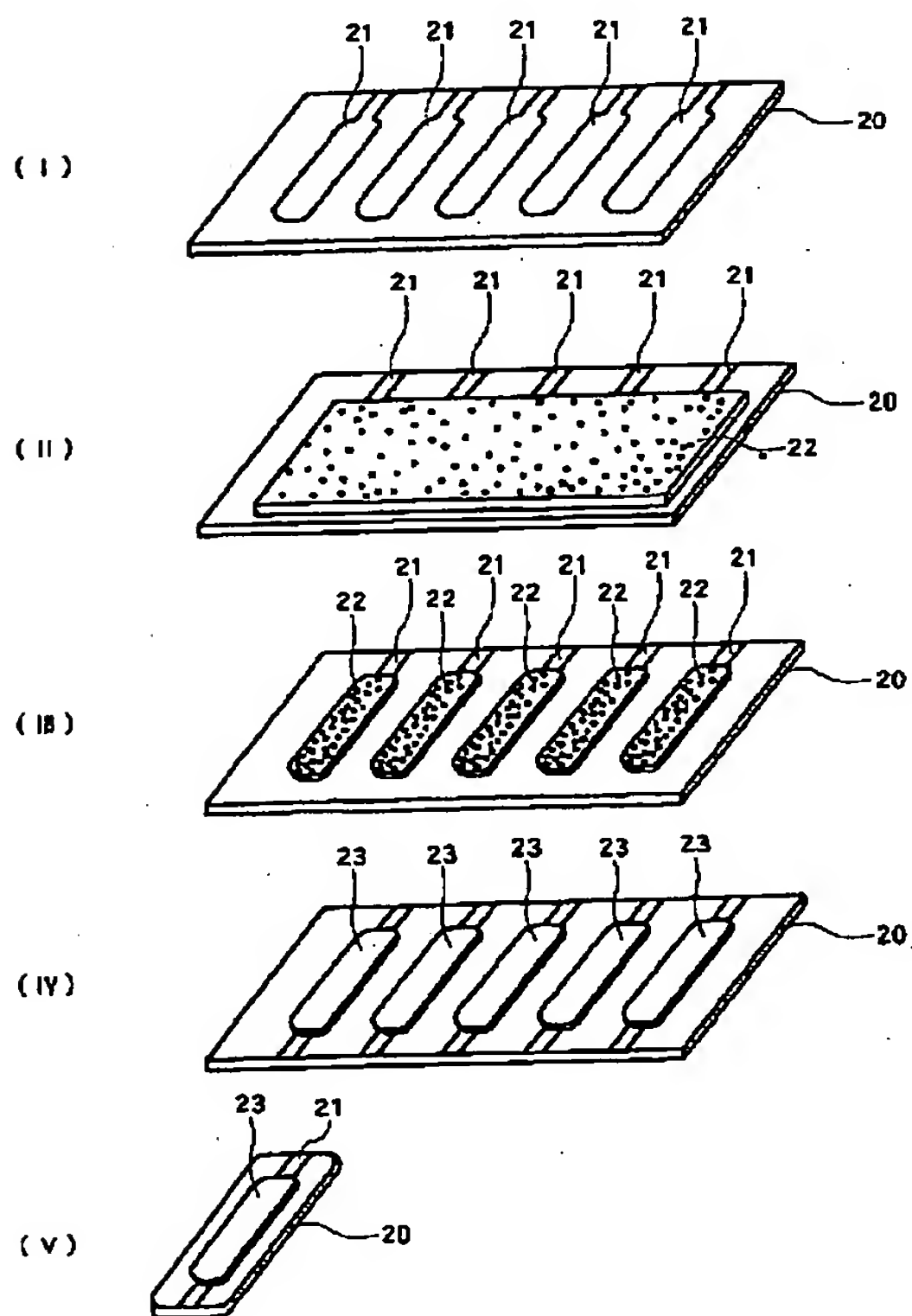
【図 3】



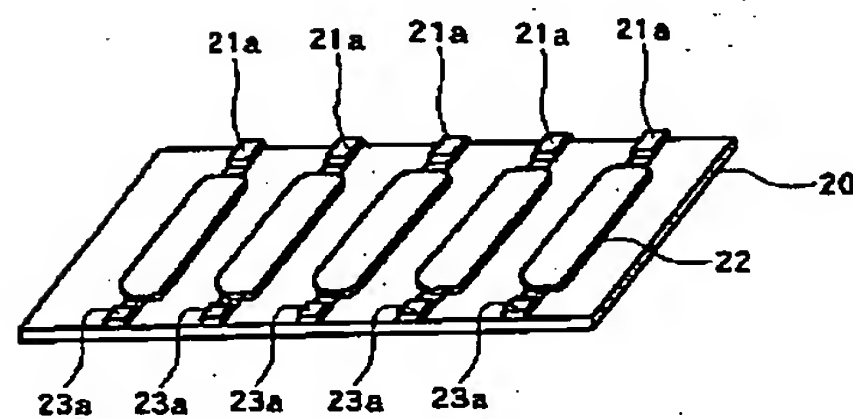
【図4】



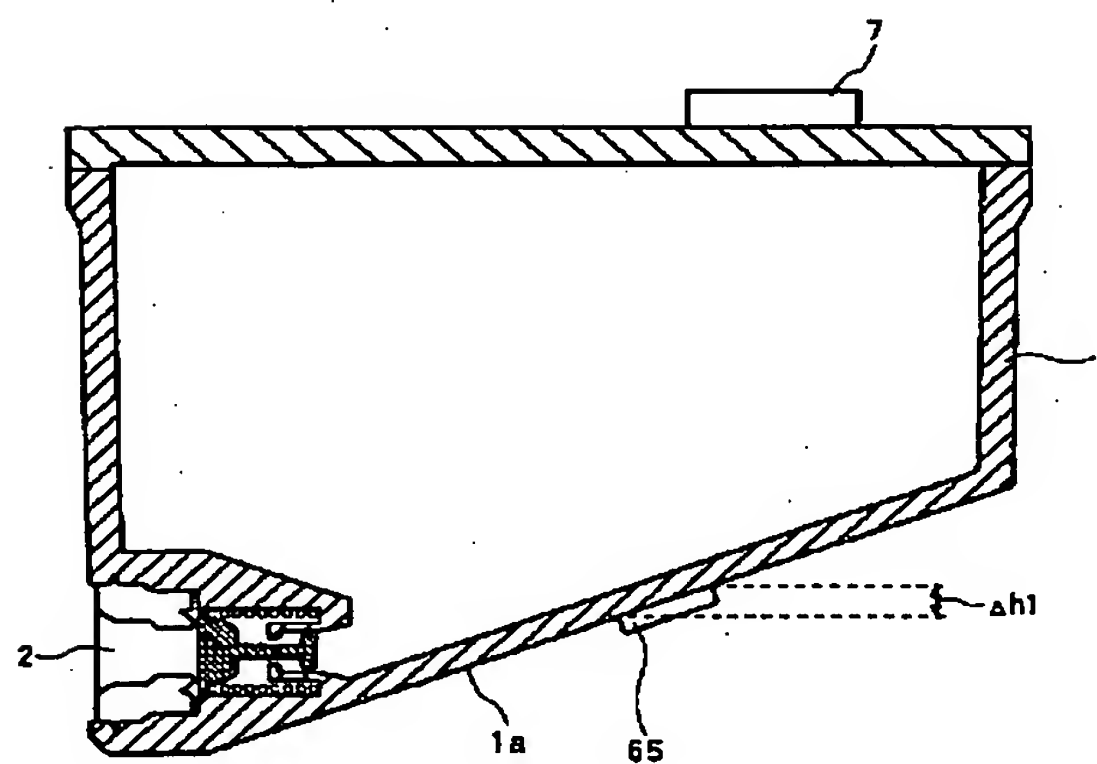
【図5】



【図 6】

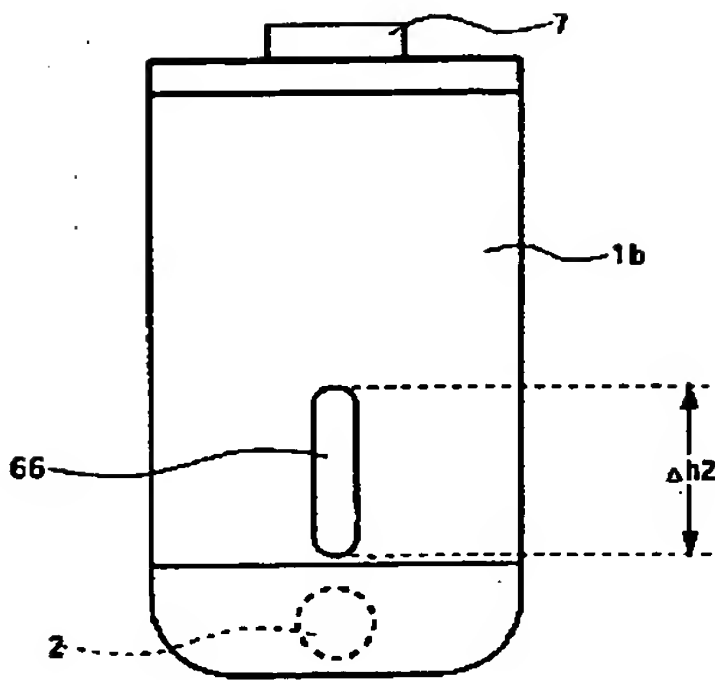


【図 8】

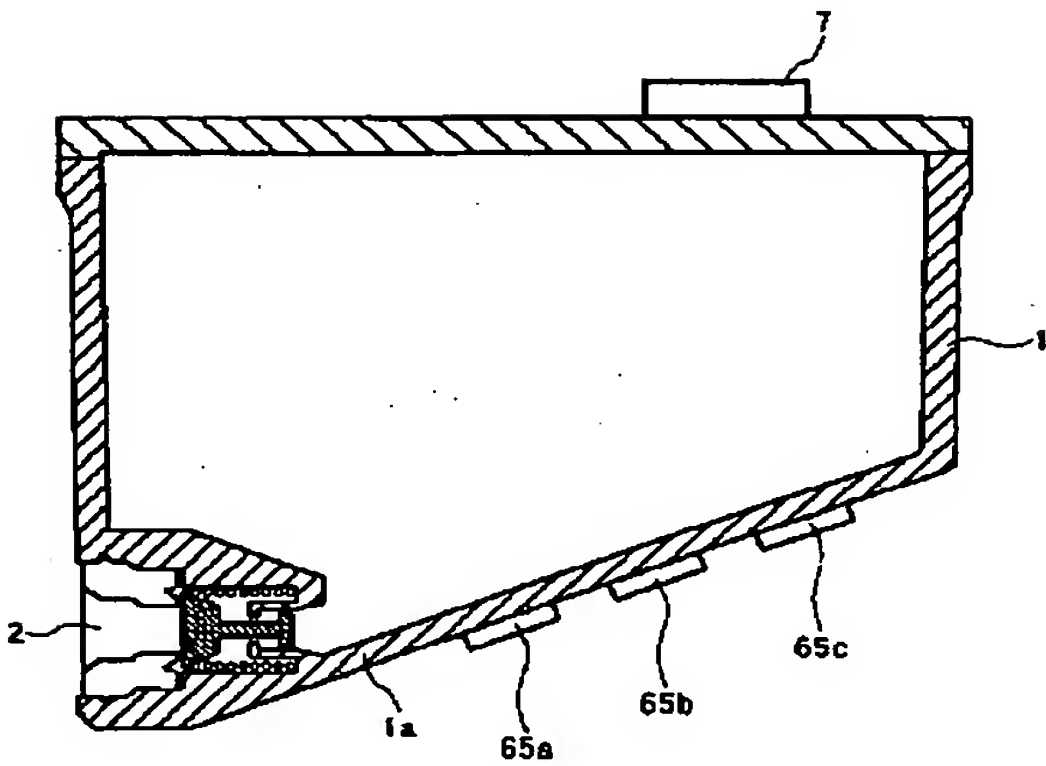


(33)

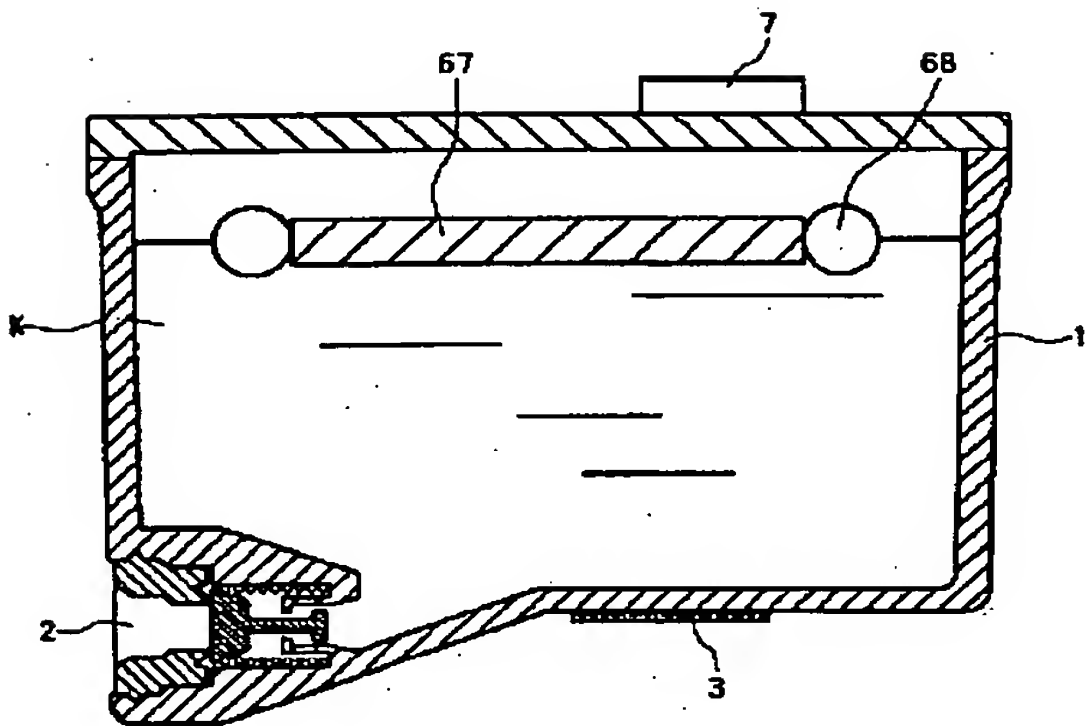
【図9】



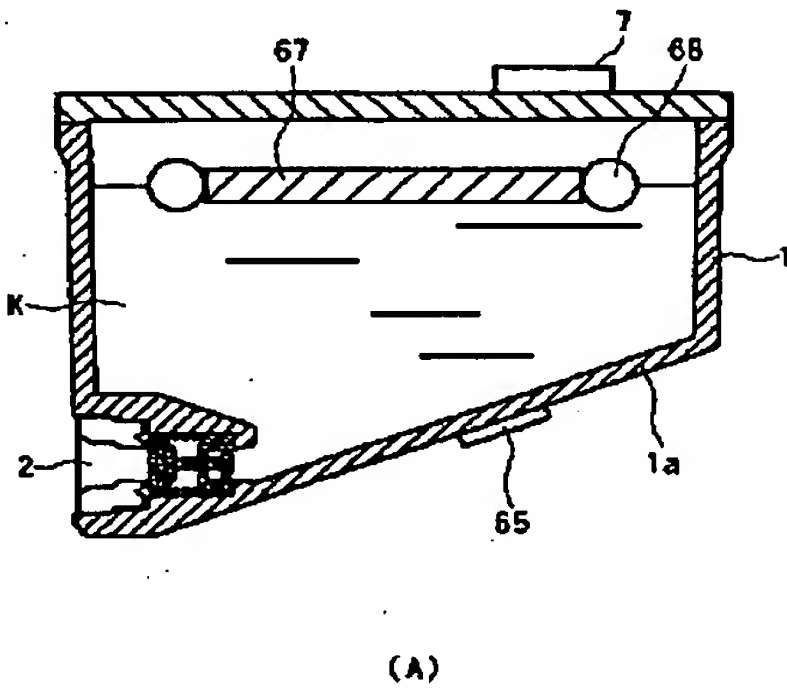
【図10】



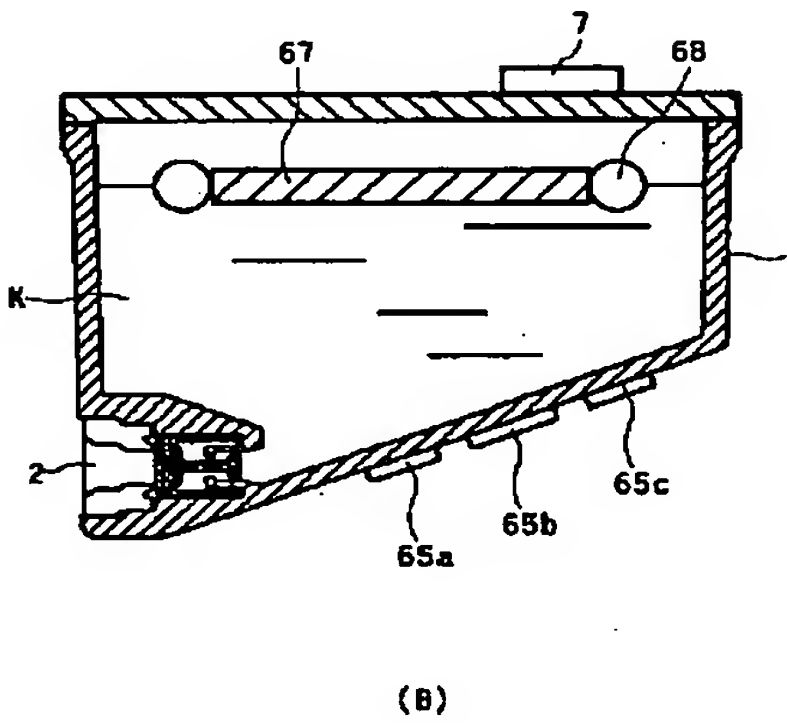
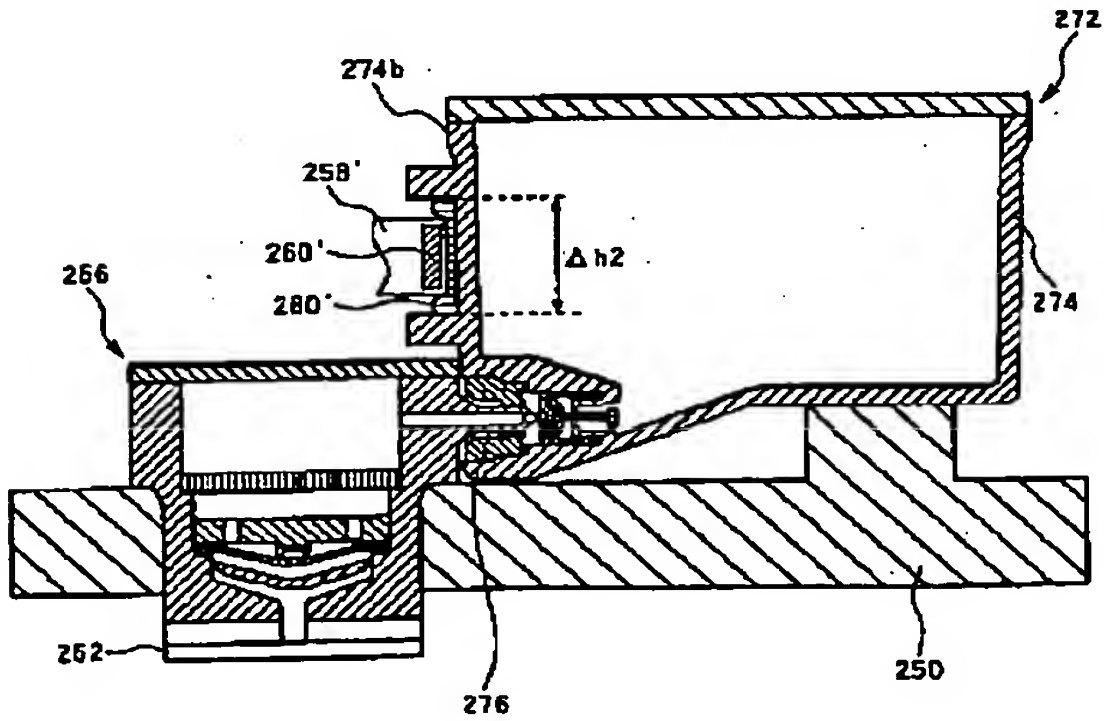
【図11】



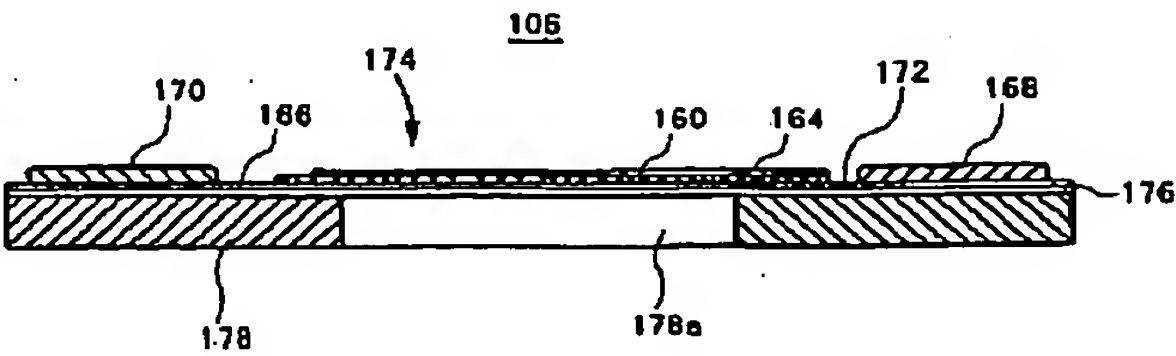
【図12】



【図18】



【図26】

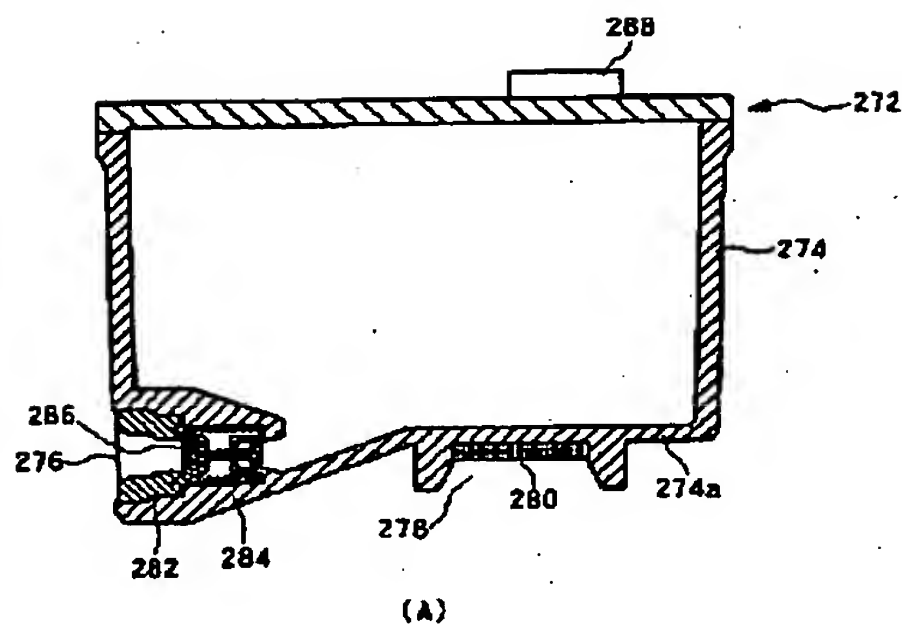




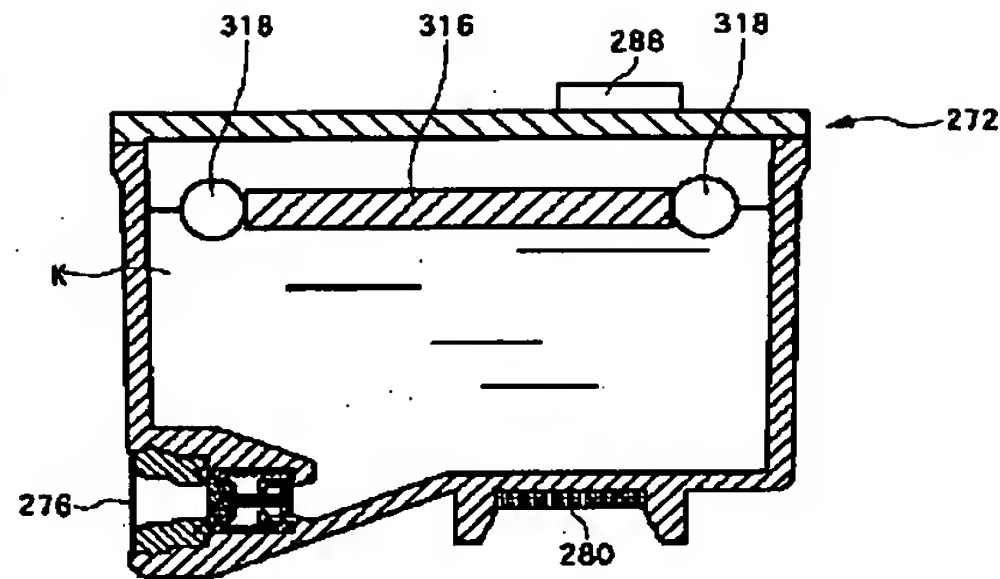


(35)

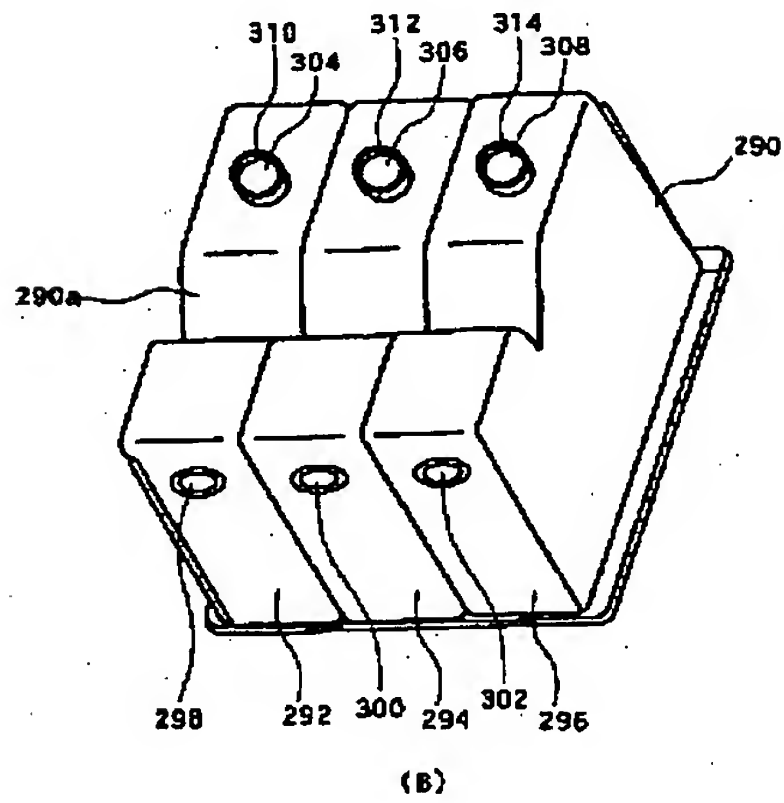
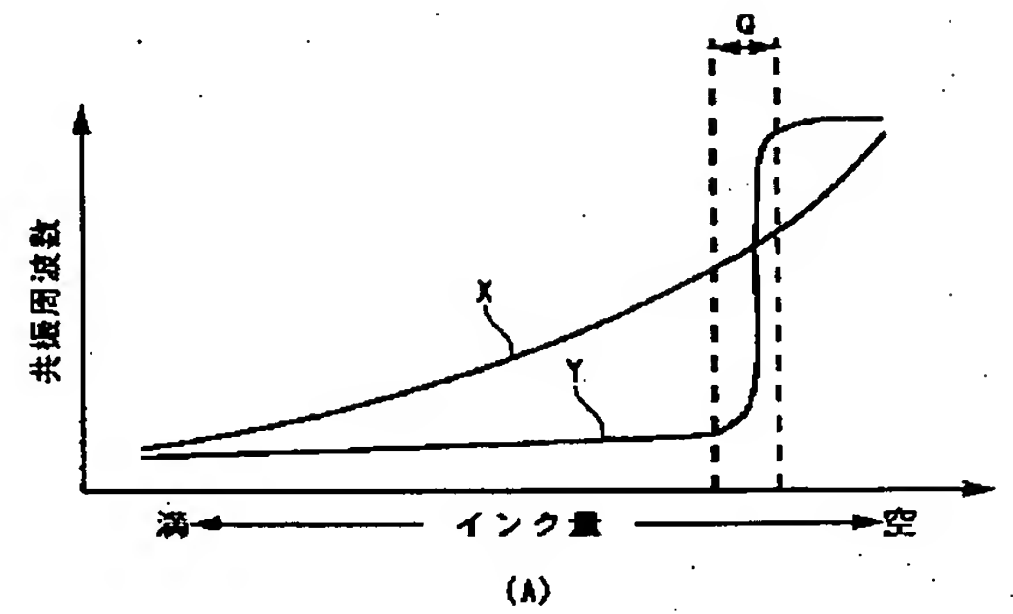
【図16】



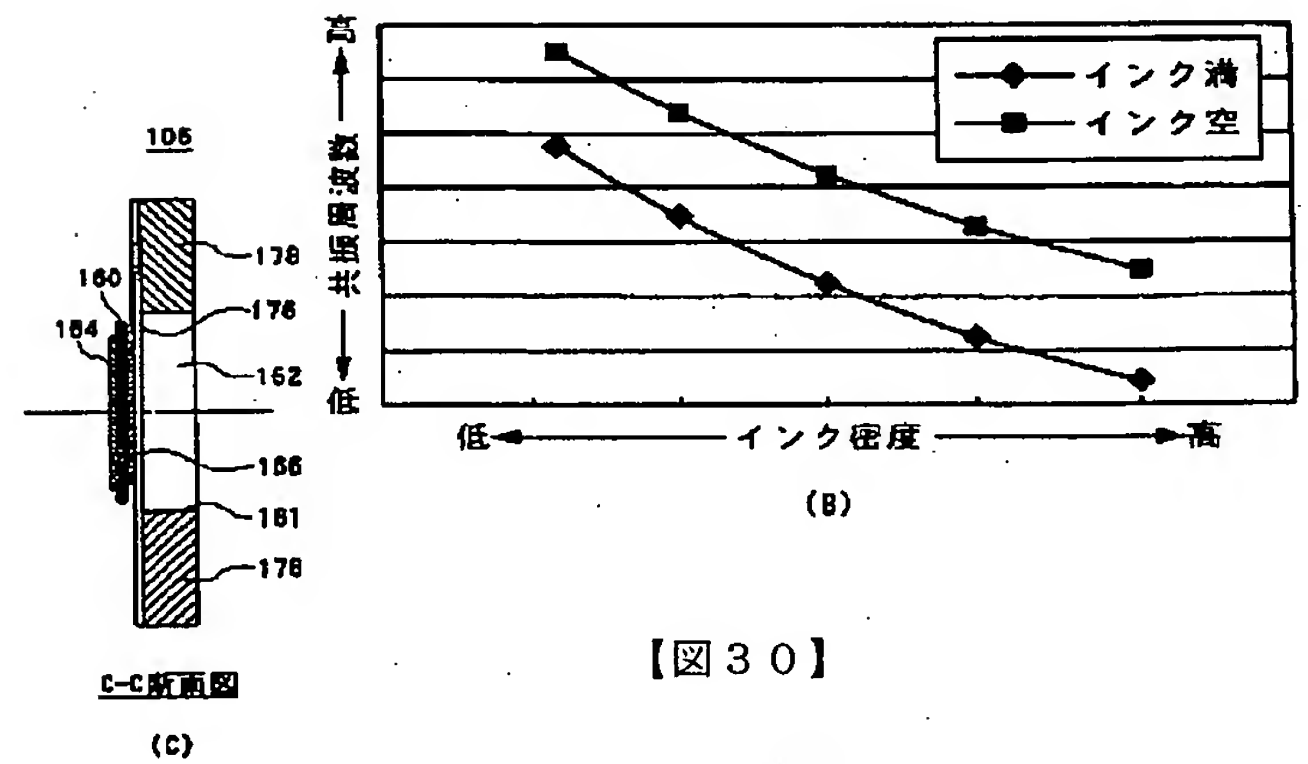
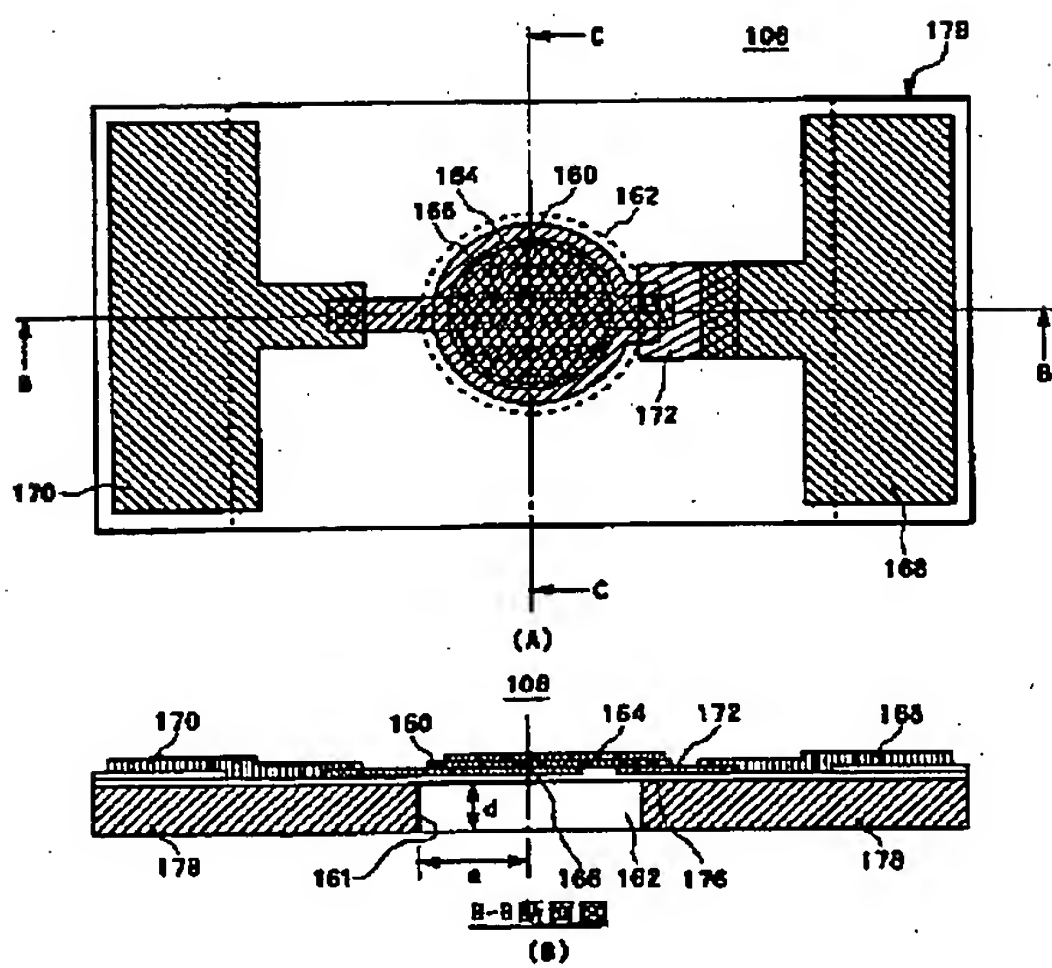
【図19】



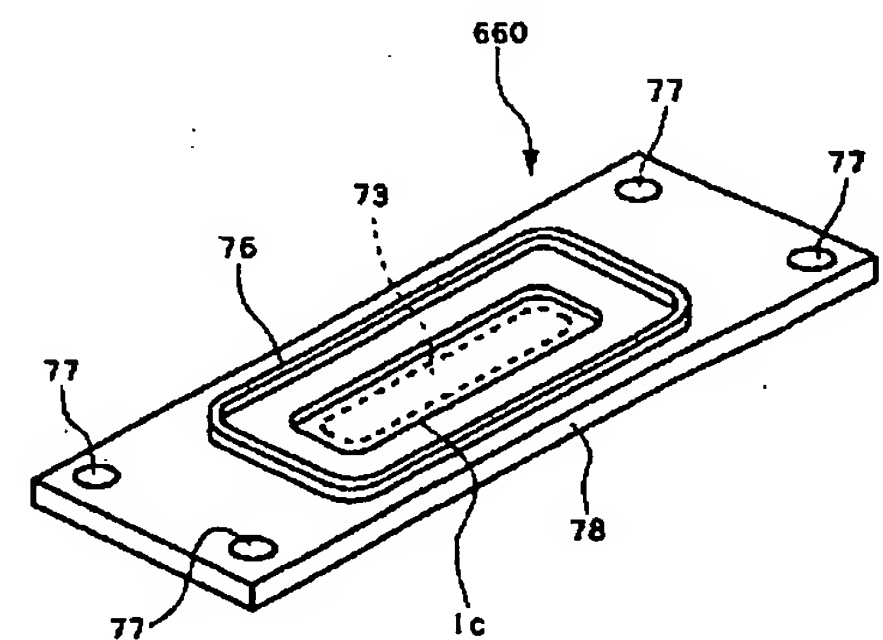
【図22】



【図20】

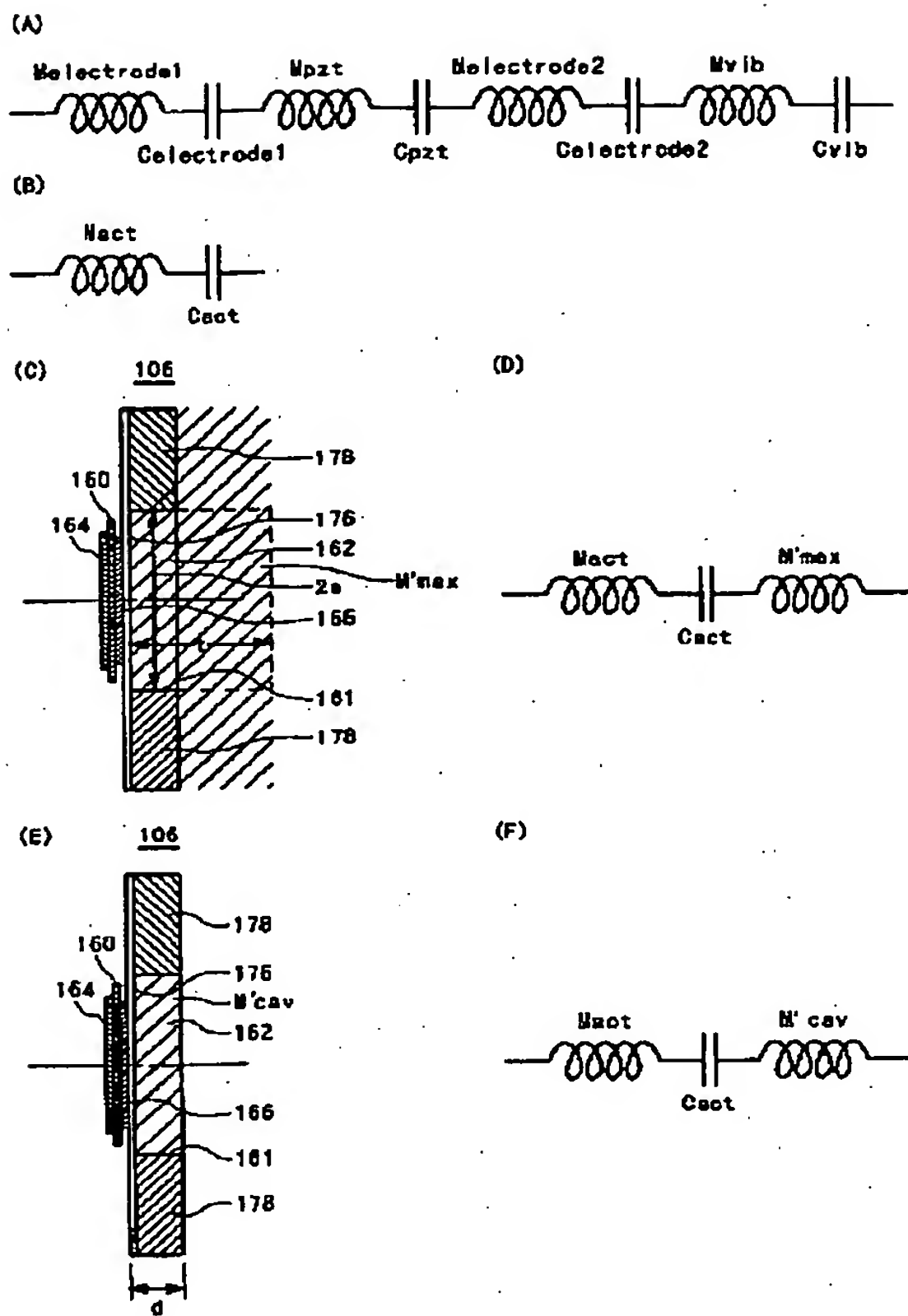


【図30】

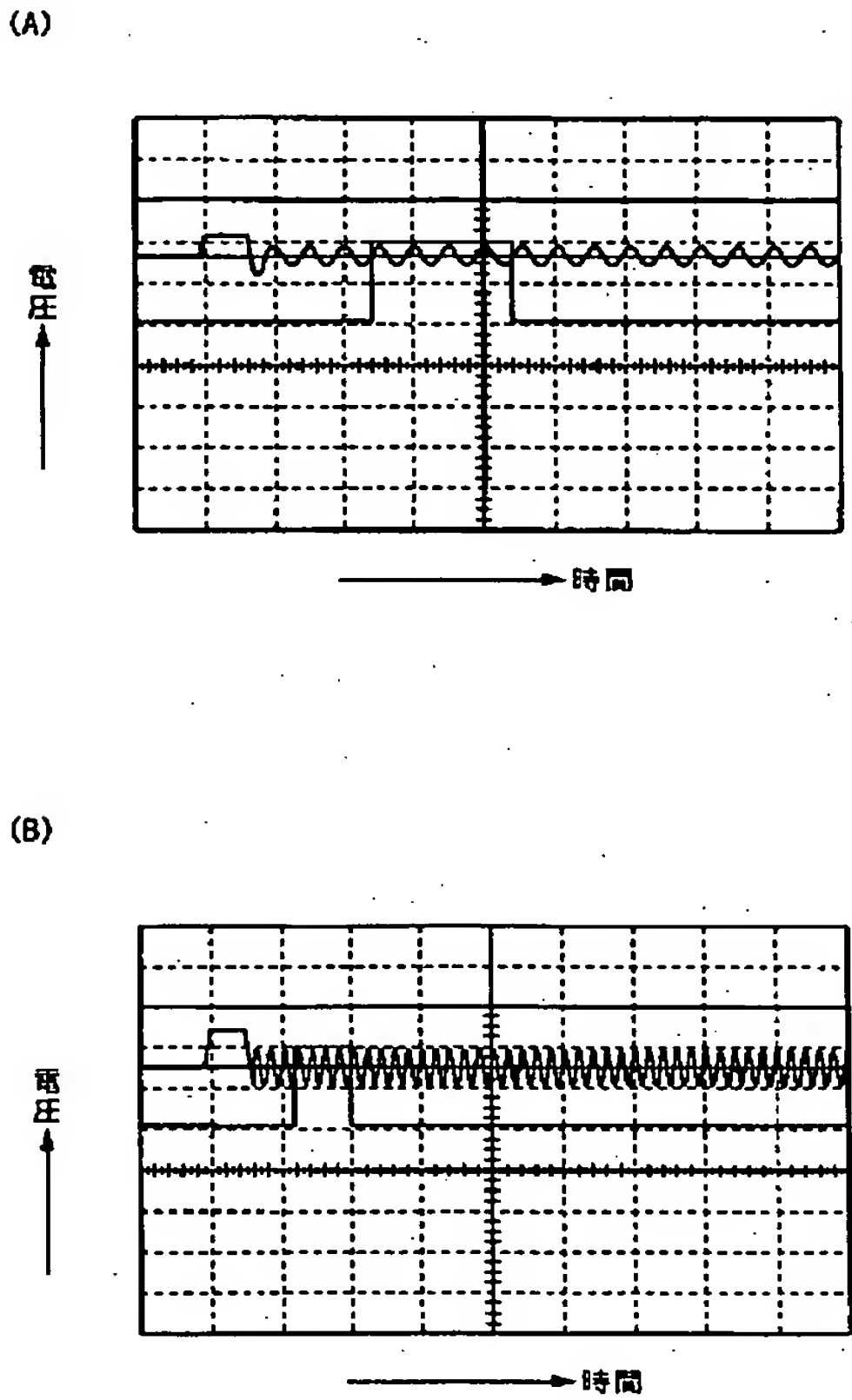


(36)

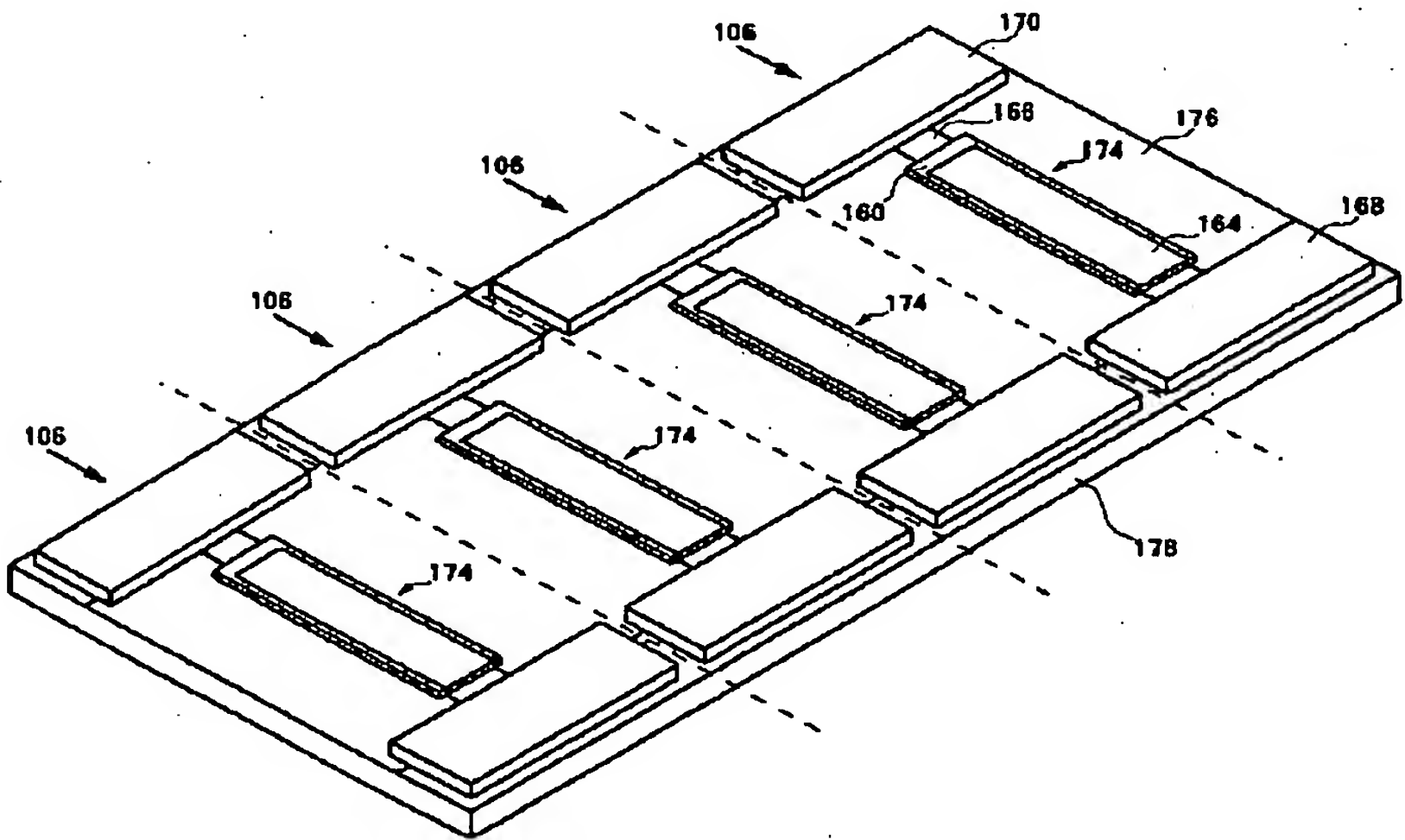
【図21】



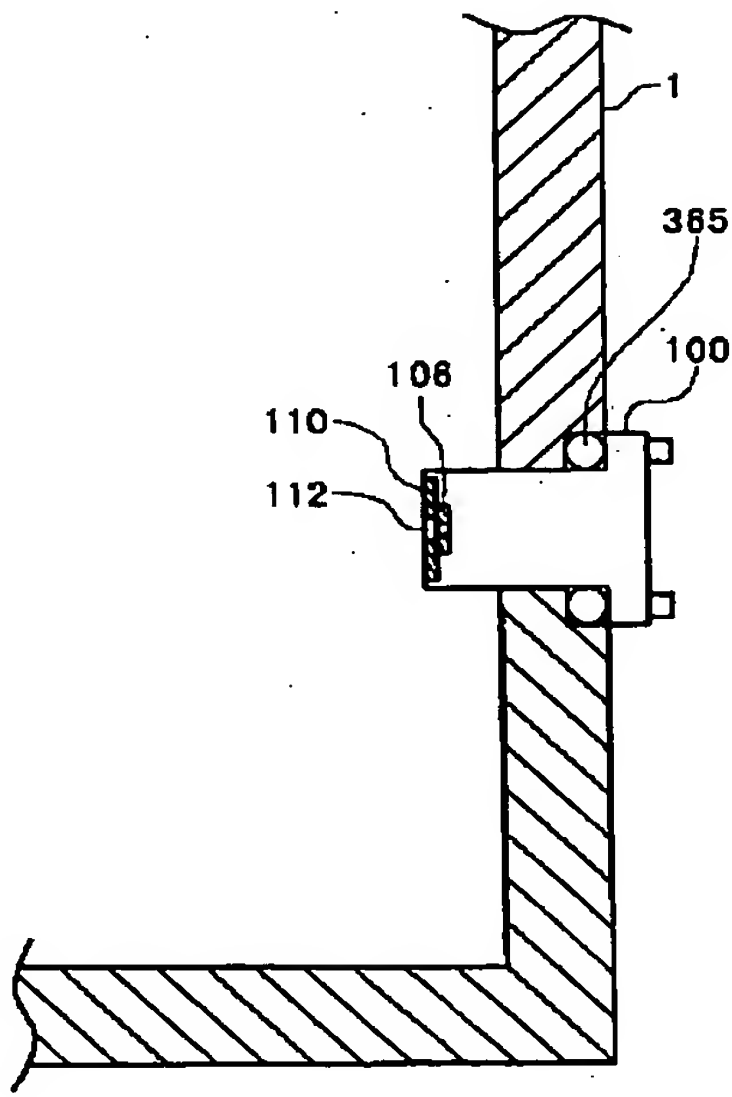
【図23】



【図24】

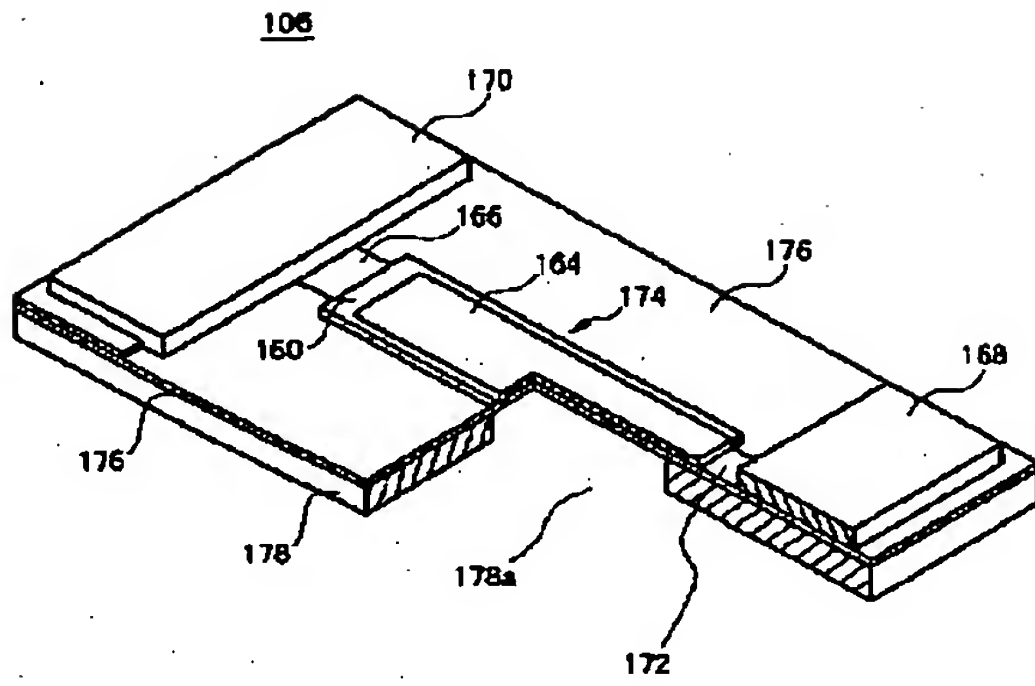


【図37】

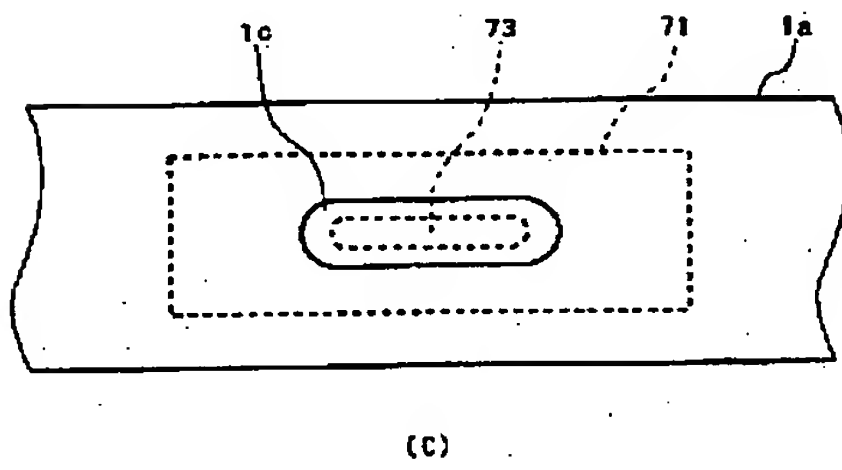
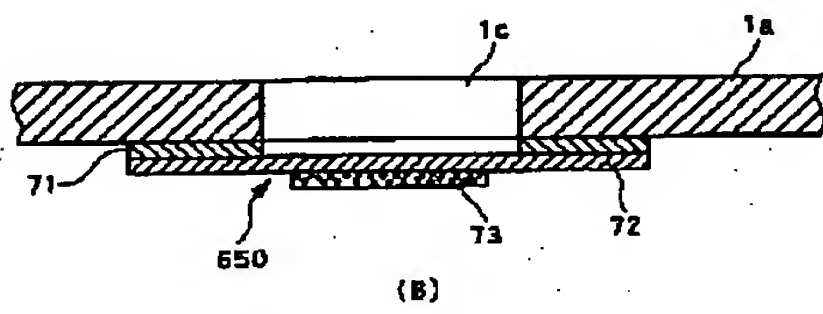
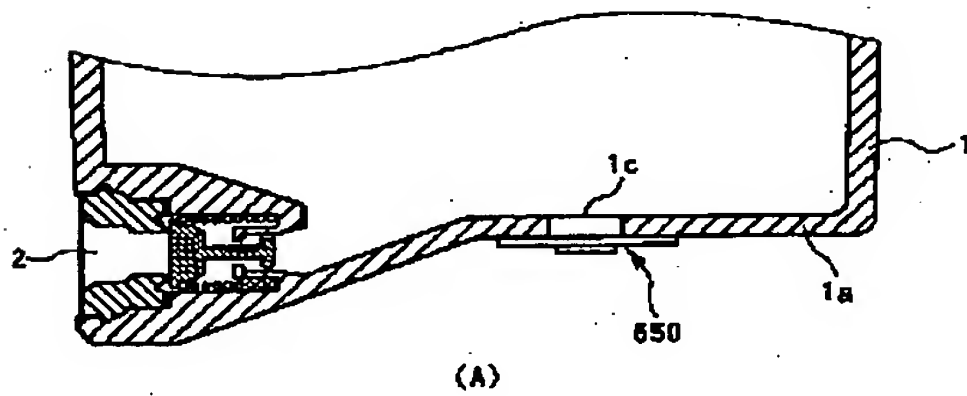


(37)

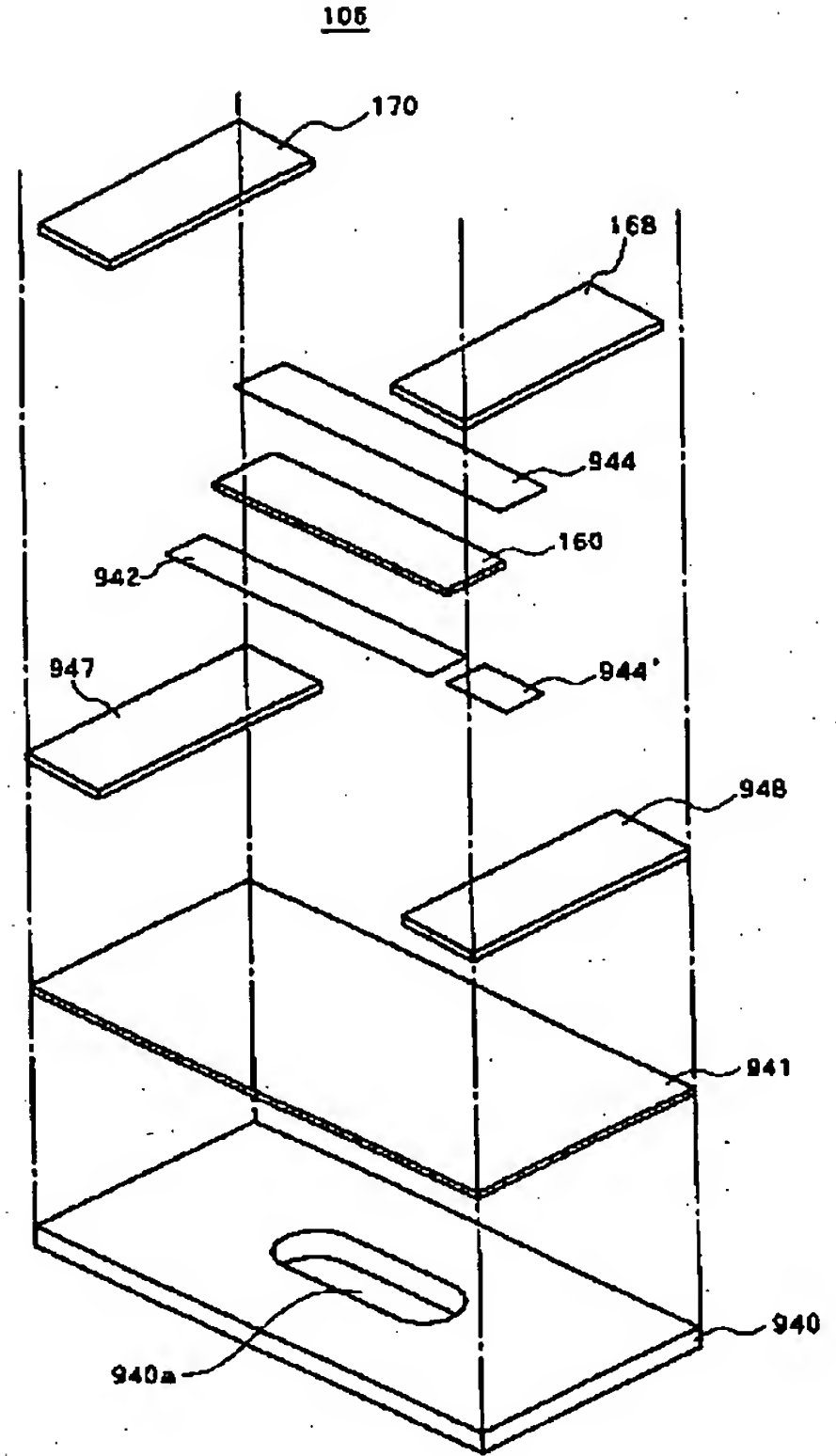
【図25】



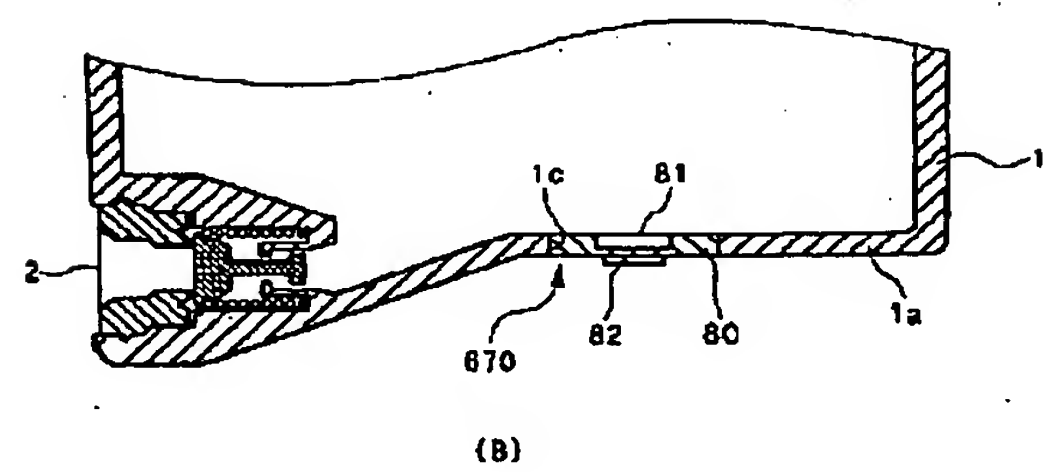
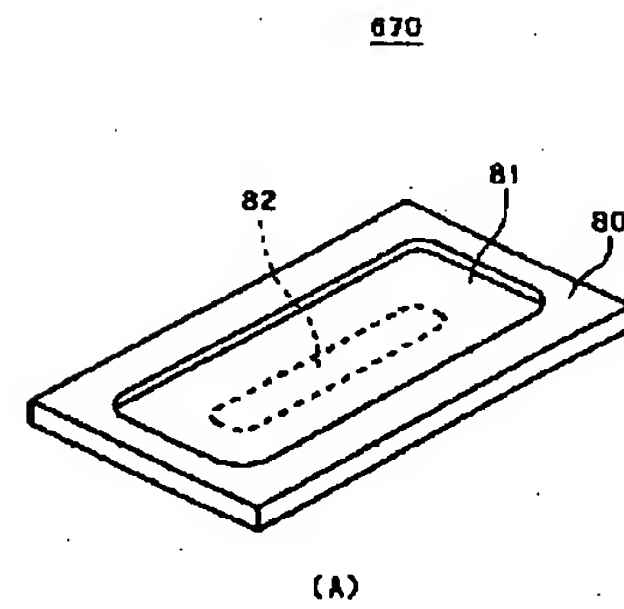
【図28】



【図27】

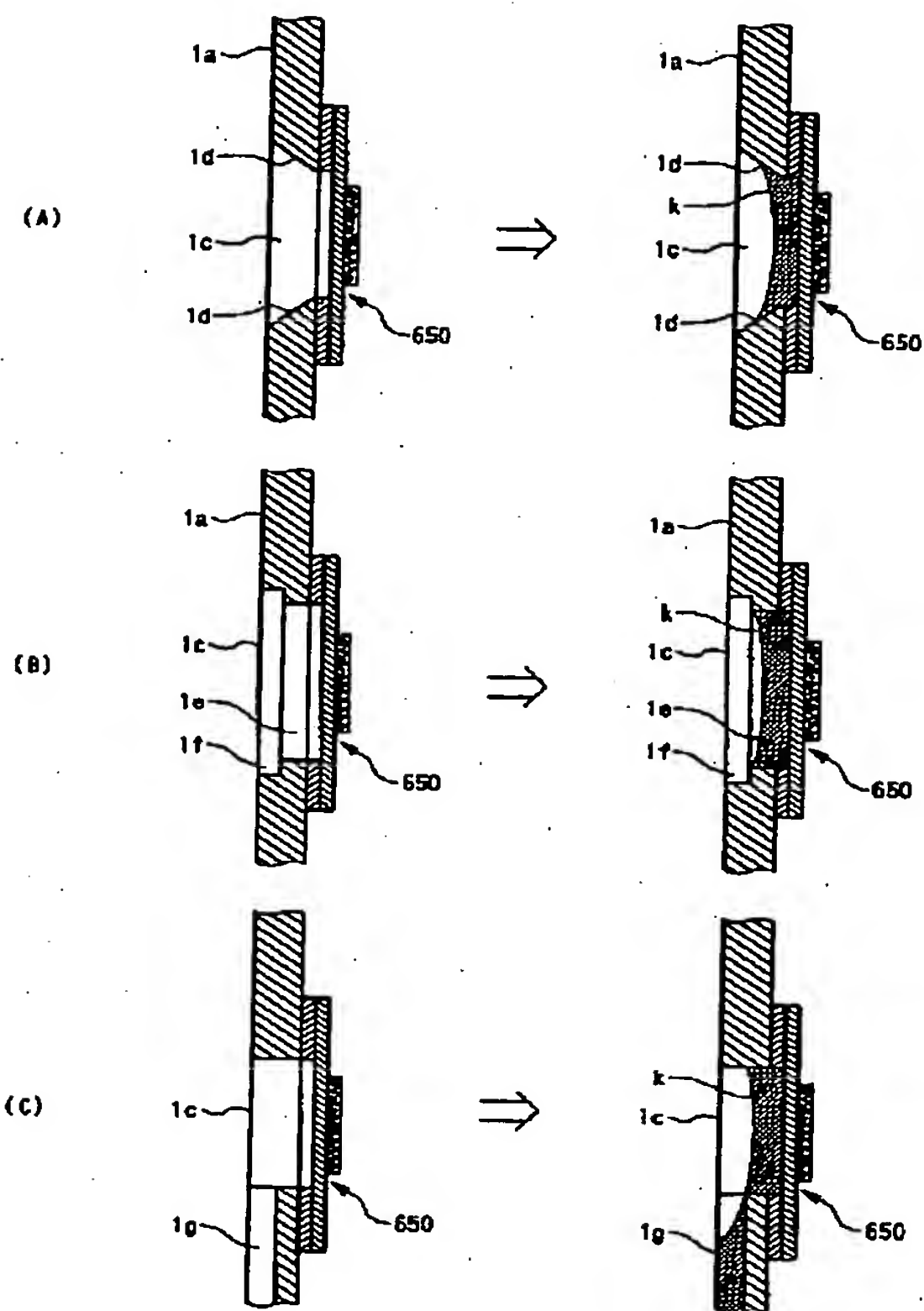


【図31】

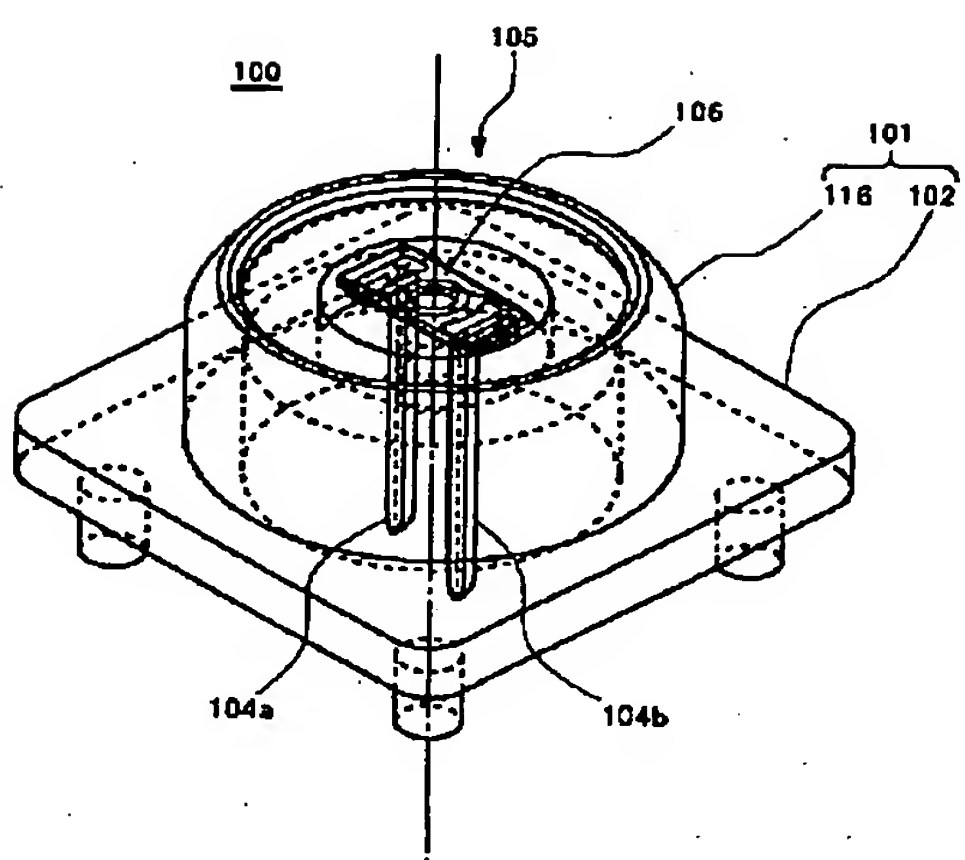




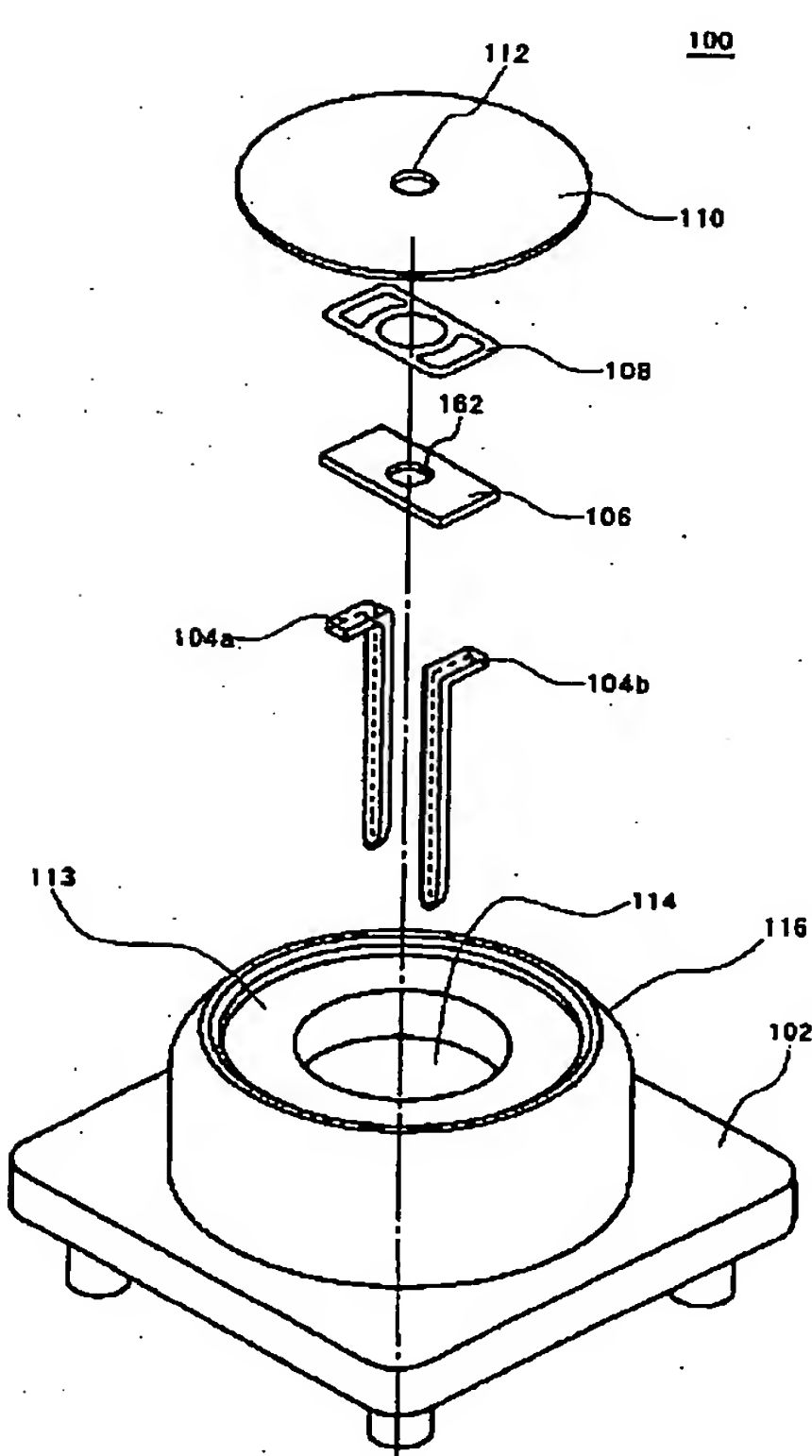
【図29】



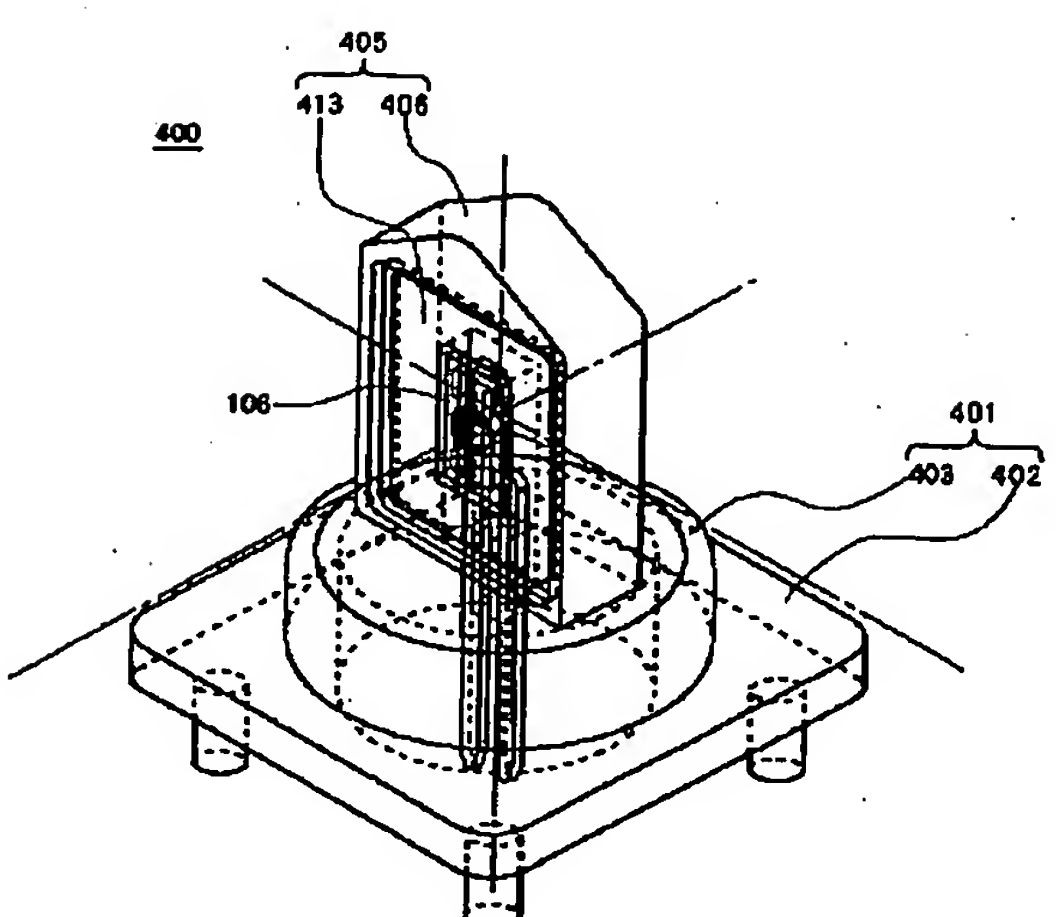
【図32】



【図33】

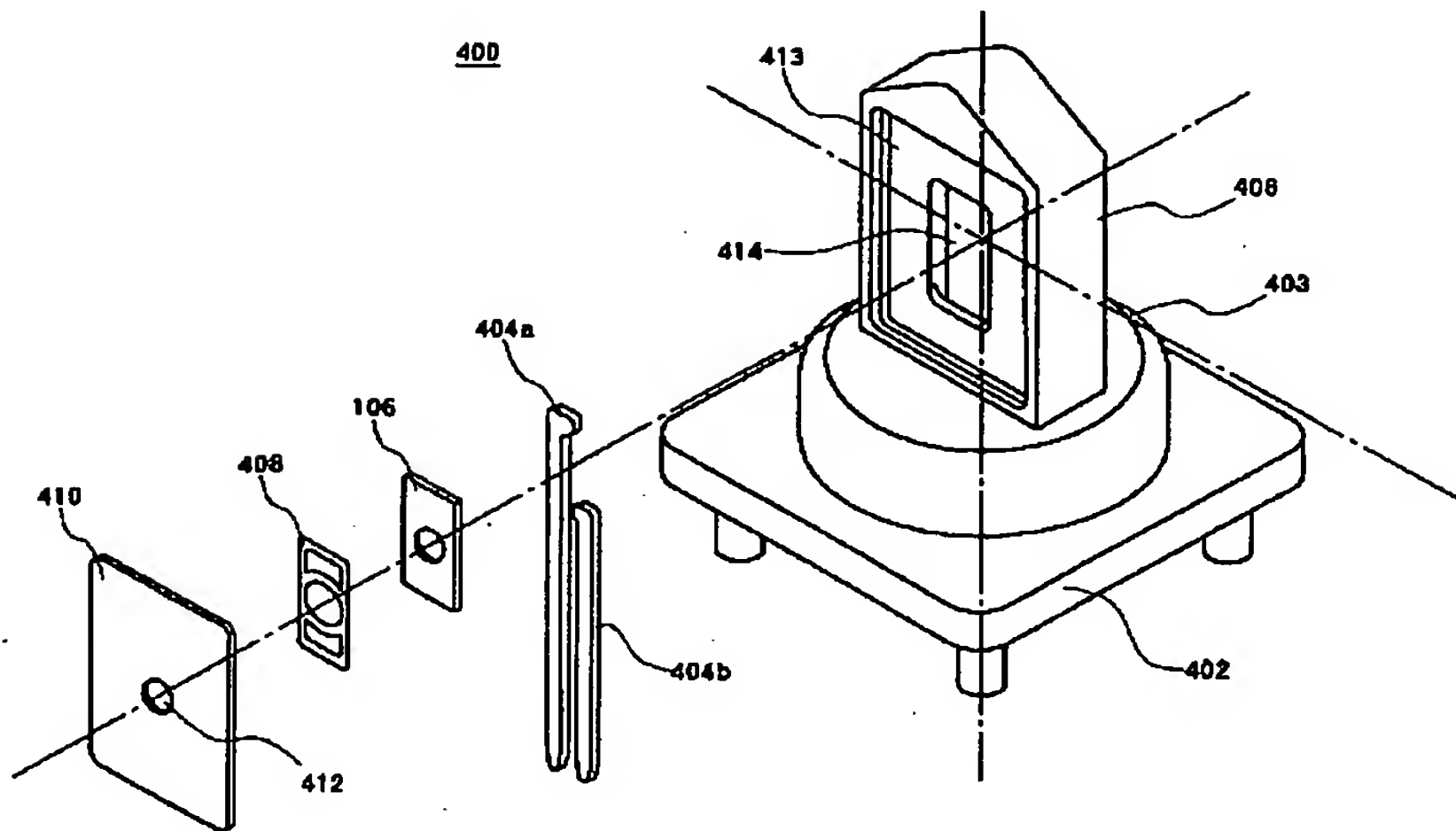


【図34】

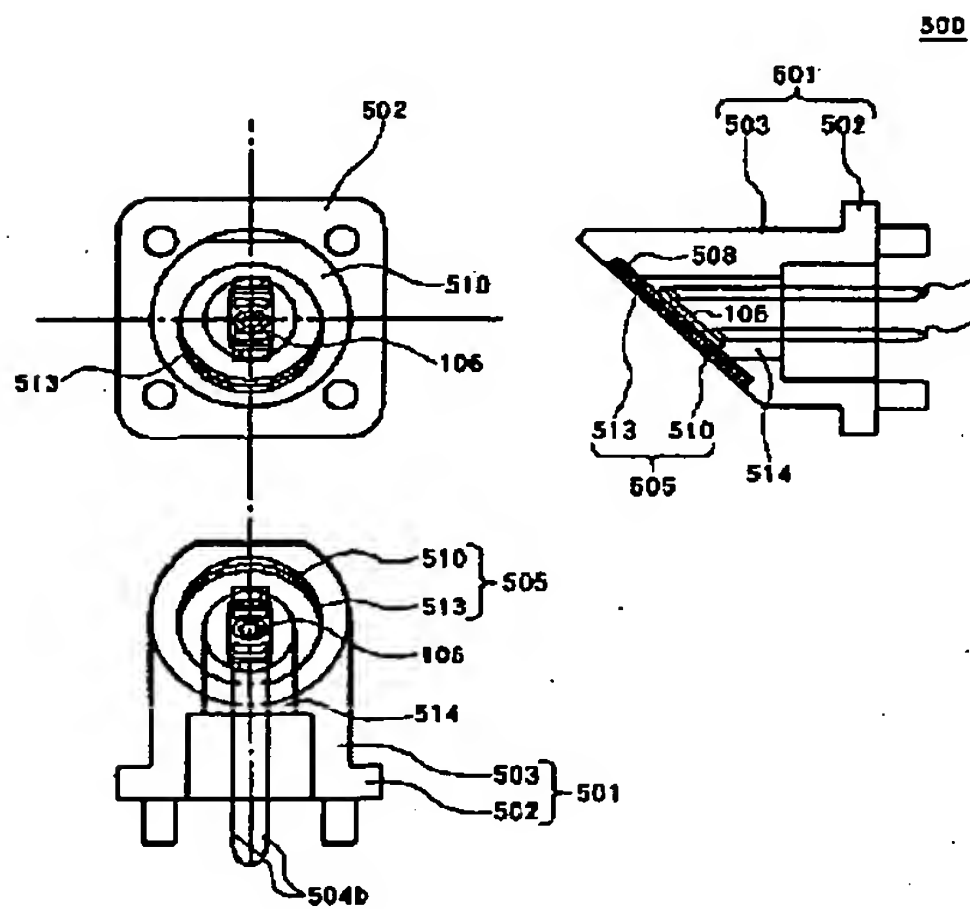


(39)

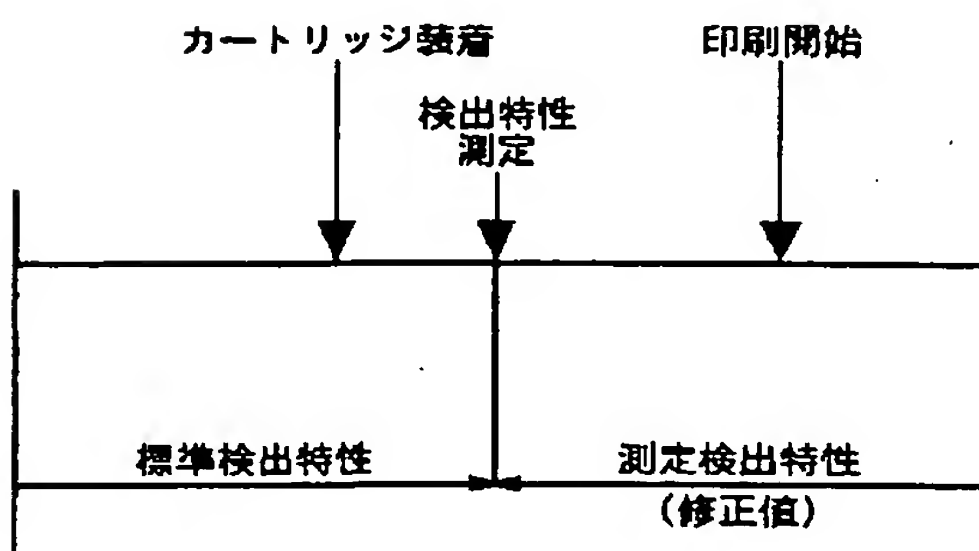
【図35】



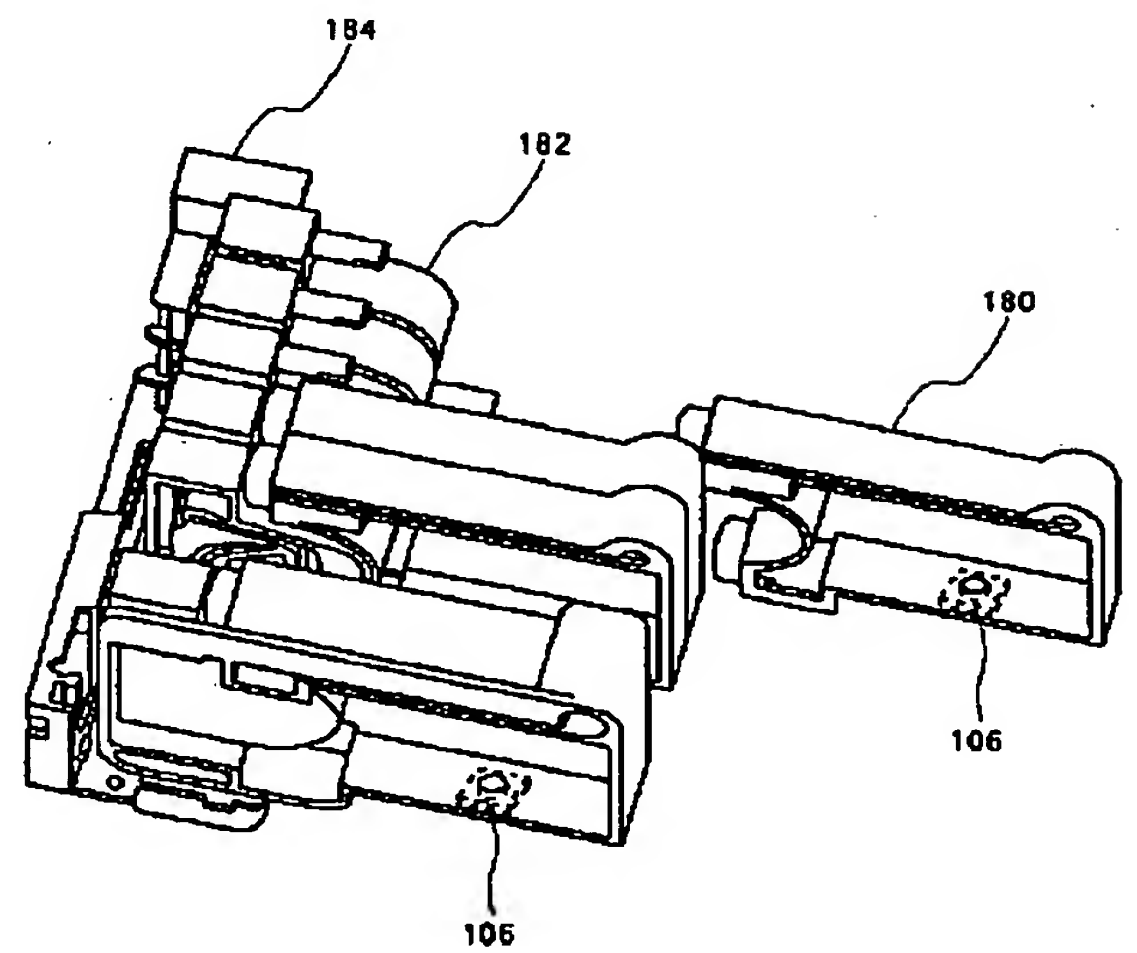
【図36】



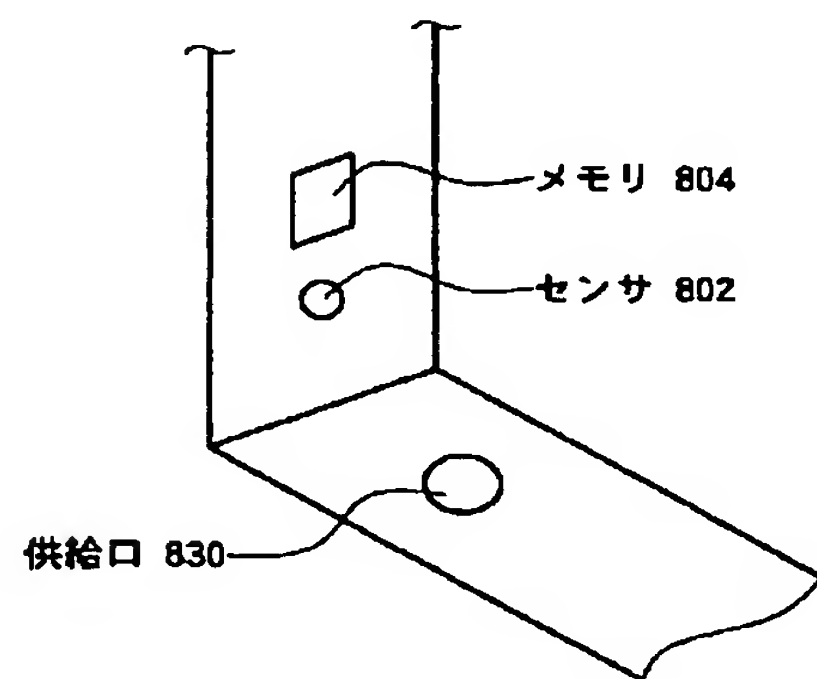
【図49】



【図39】

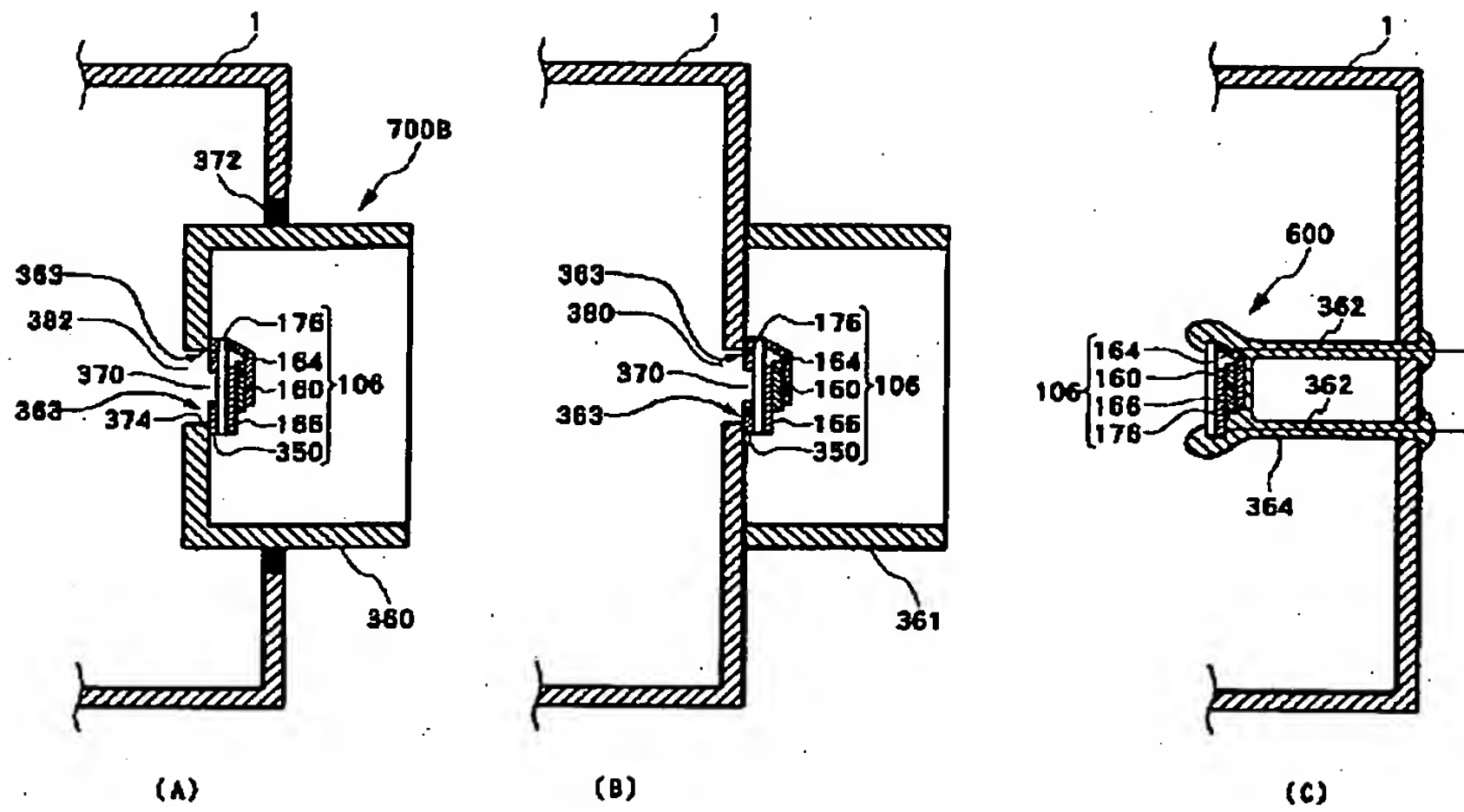


【図50】

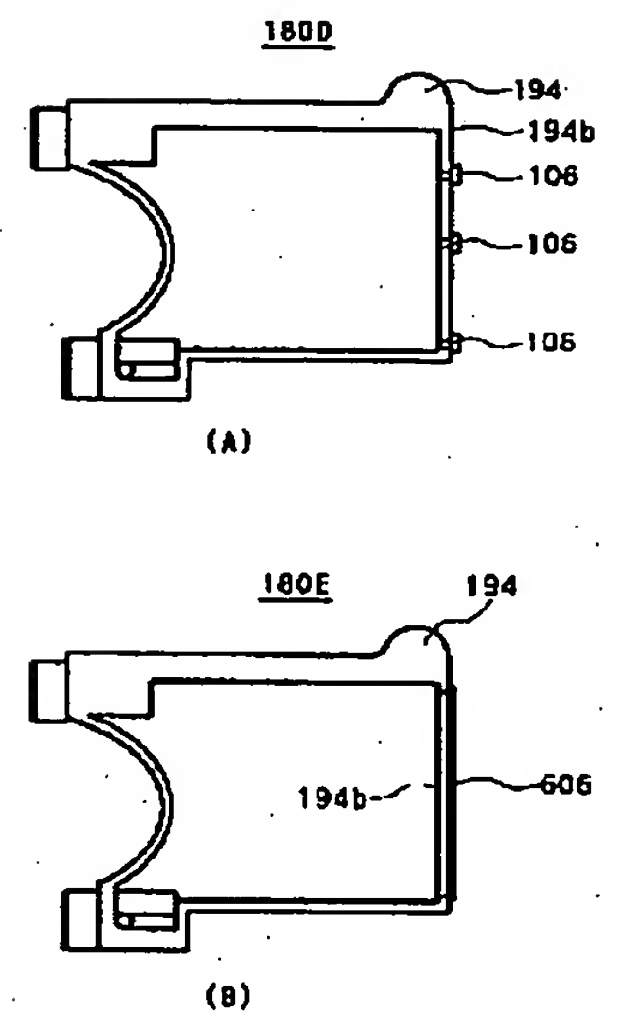


(40)

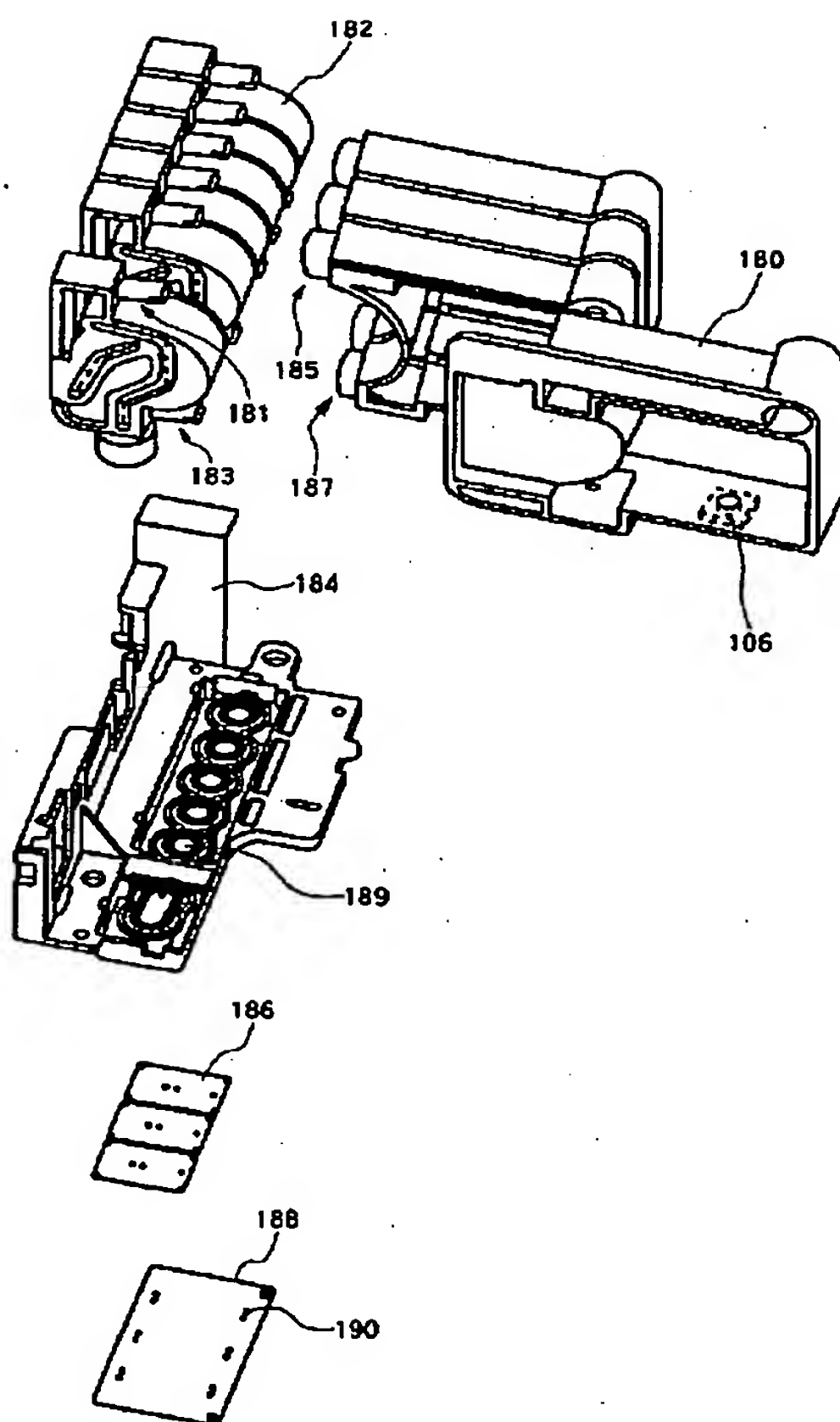
【図38】



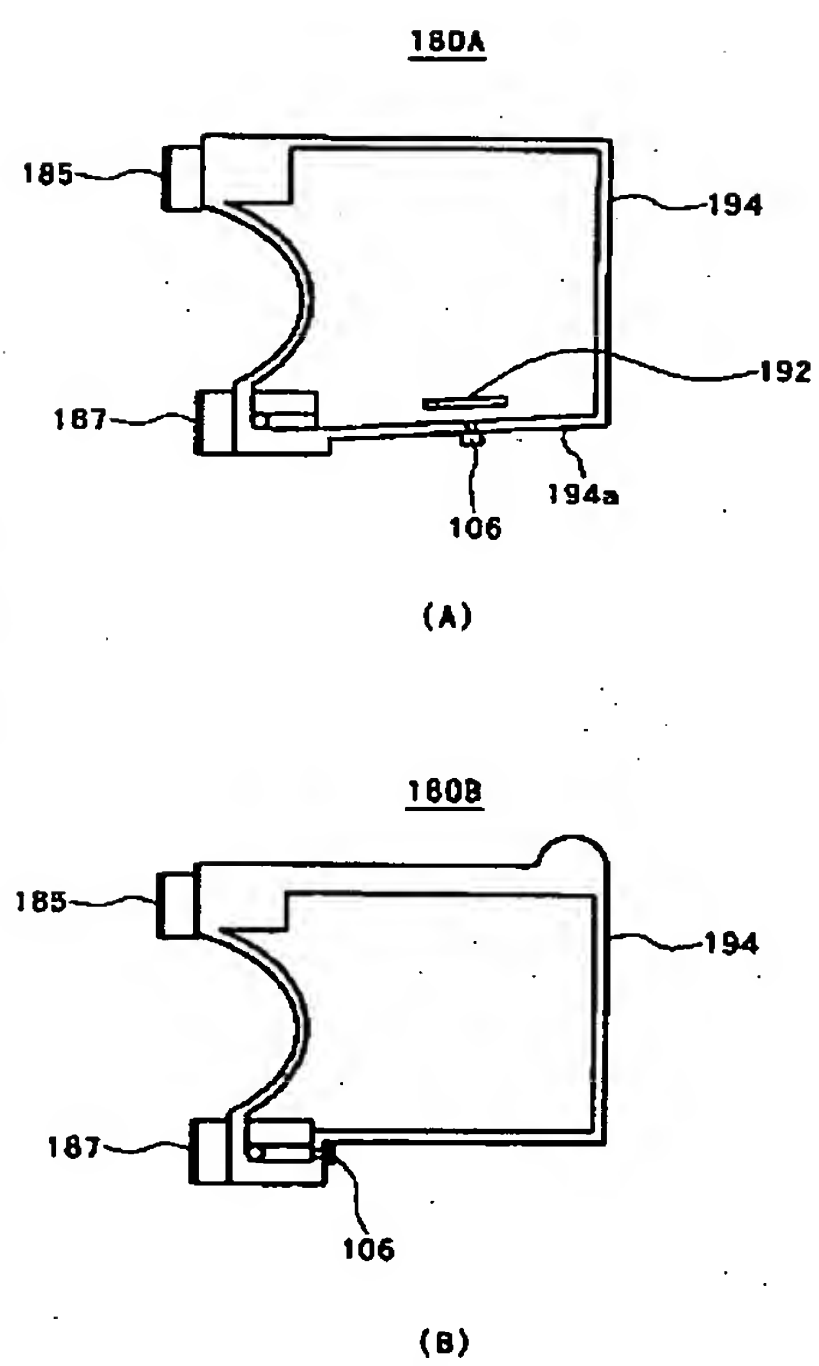
【図43】



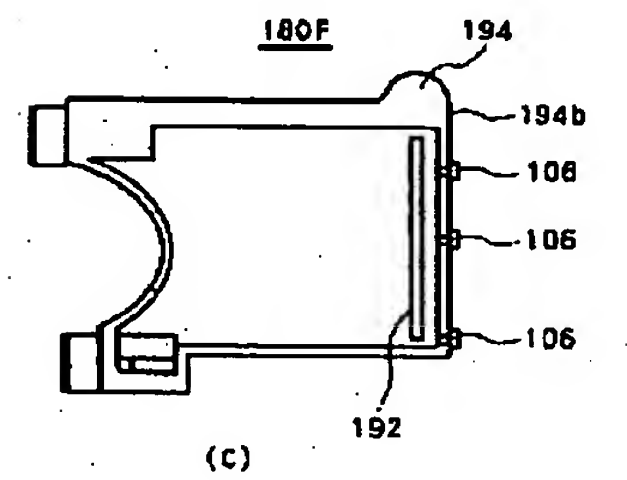
【図40】



【図41】



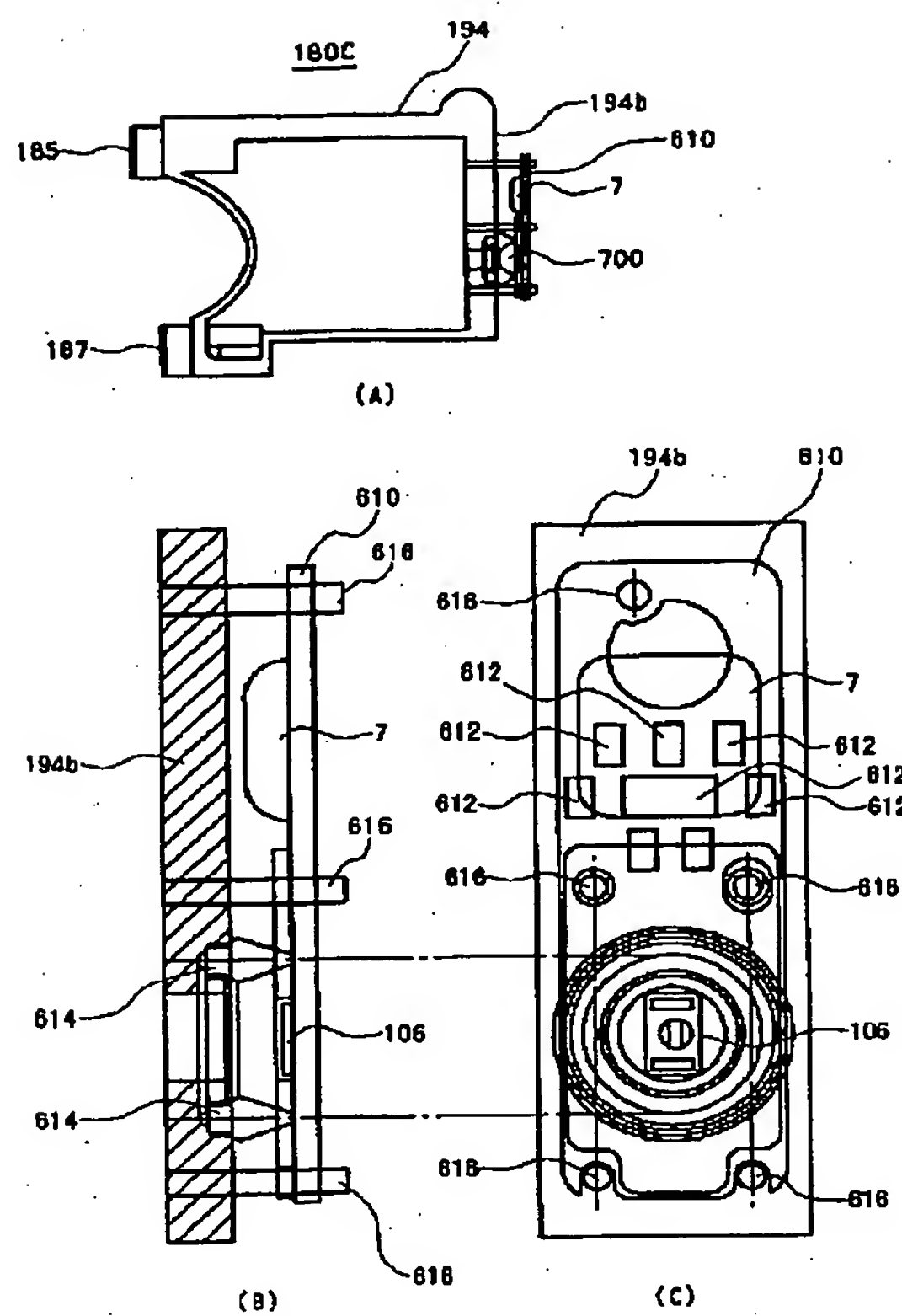
【図43】



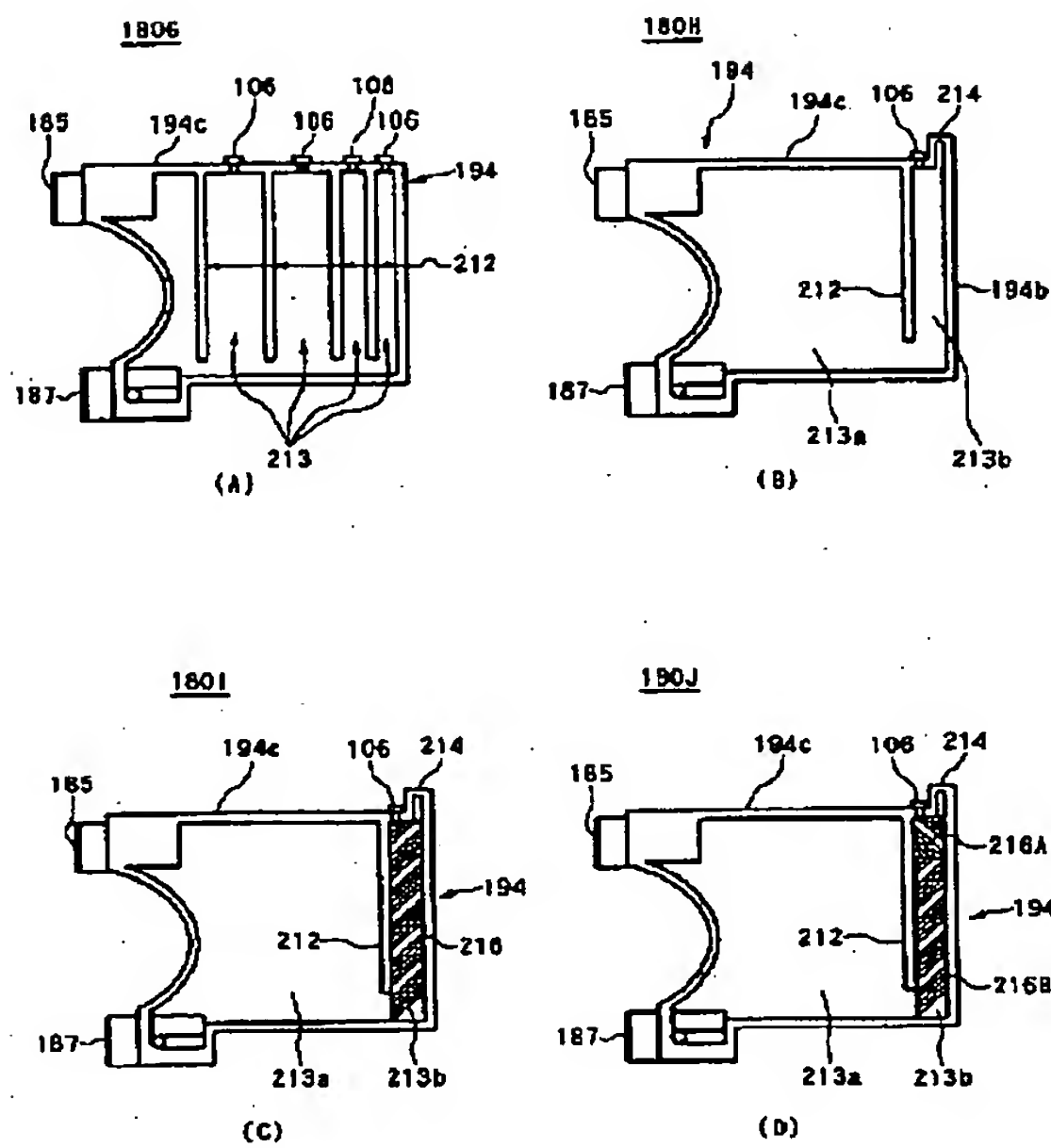


(41)

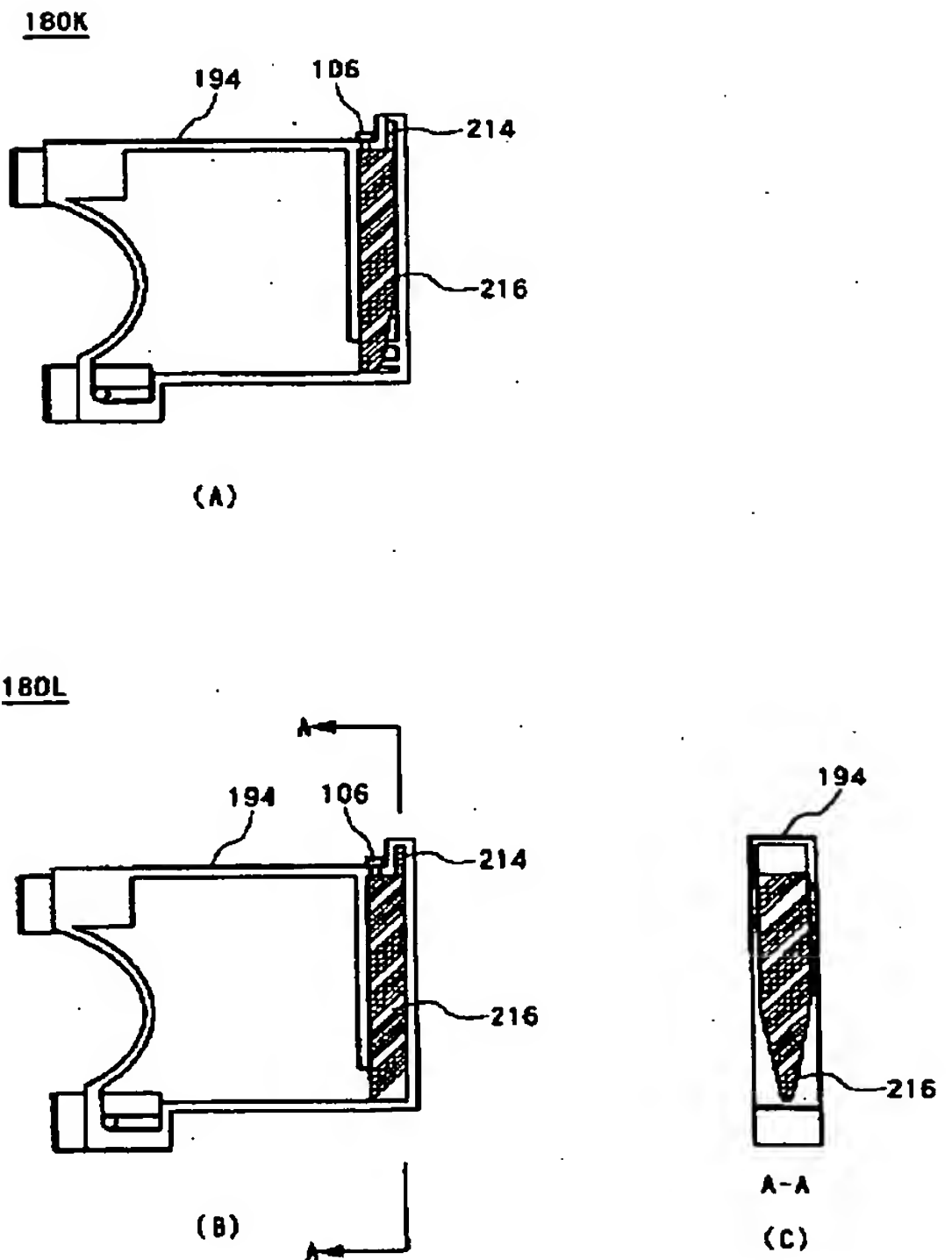
【図42】



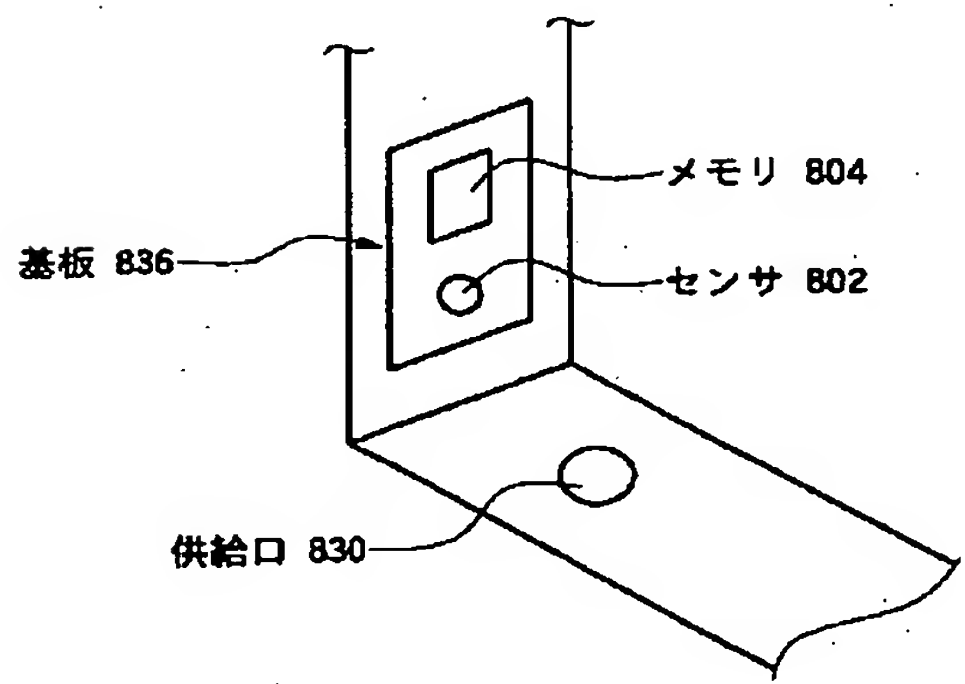
【図44】



【図45】

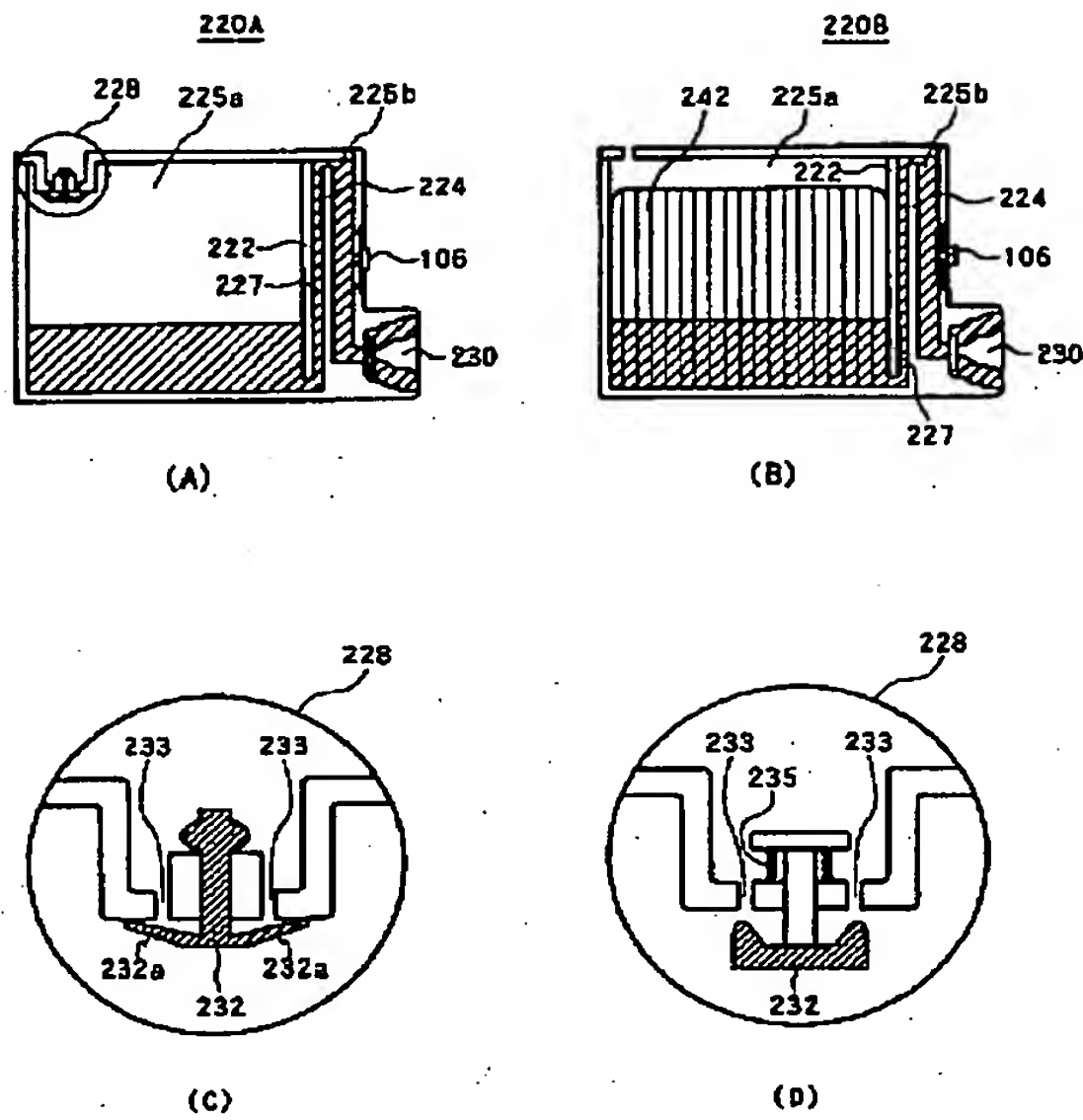


【図52】

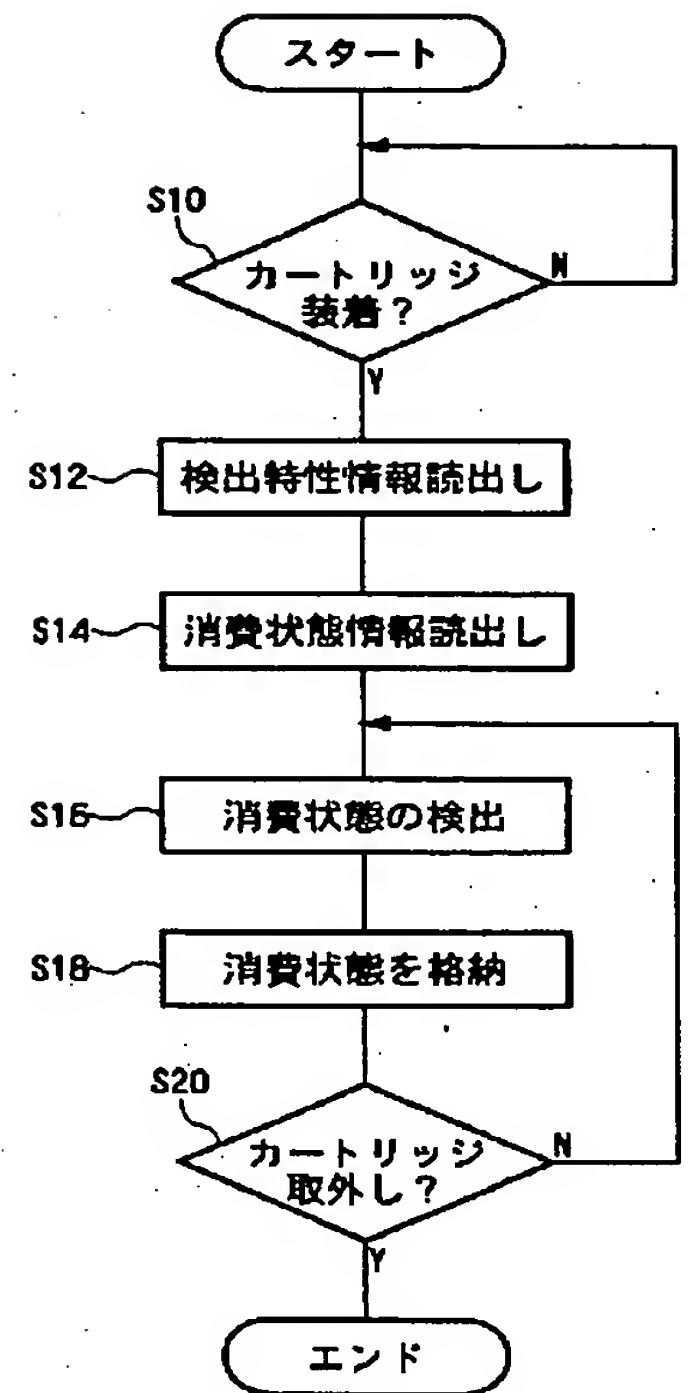


(42)

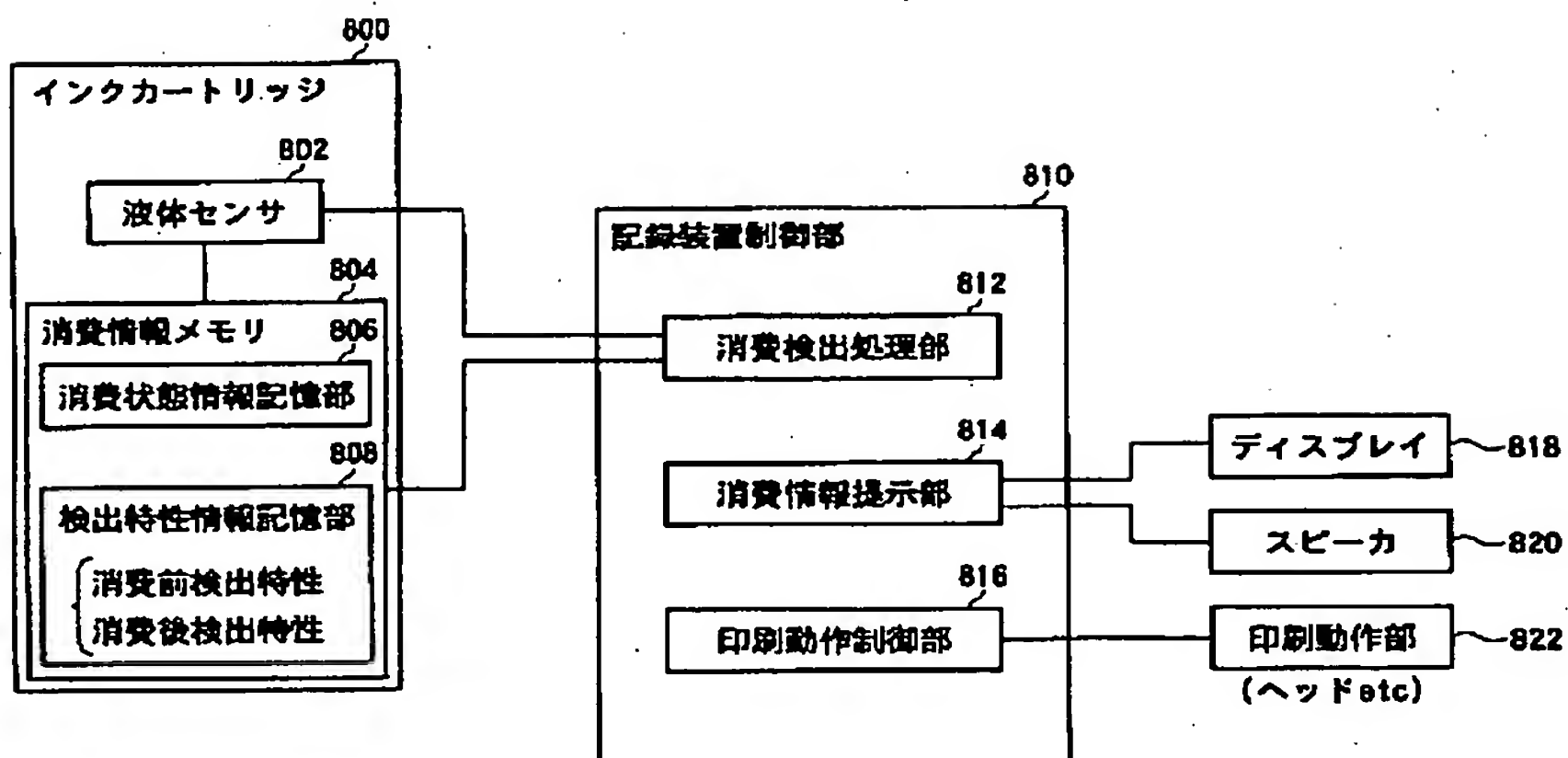
【図46】



【図48】

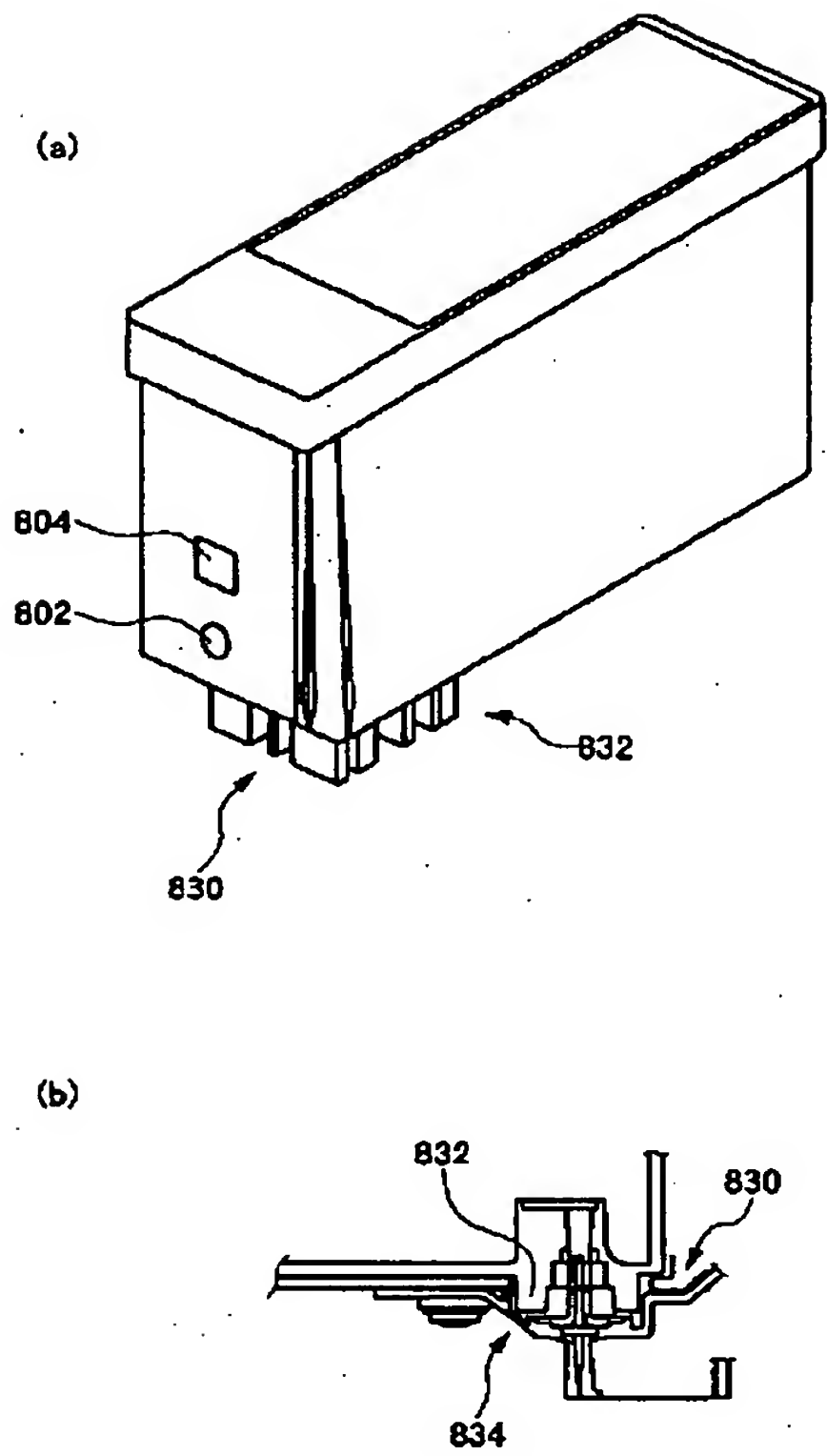


【図47】

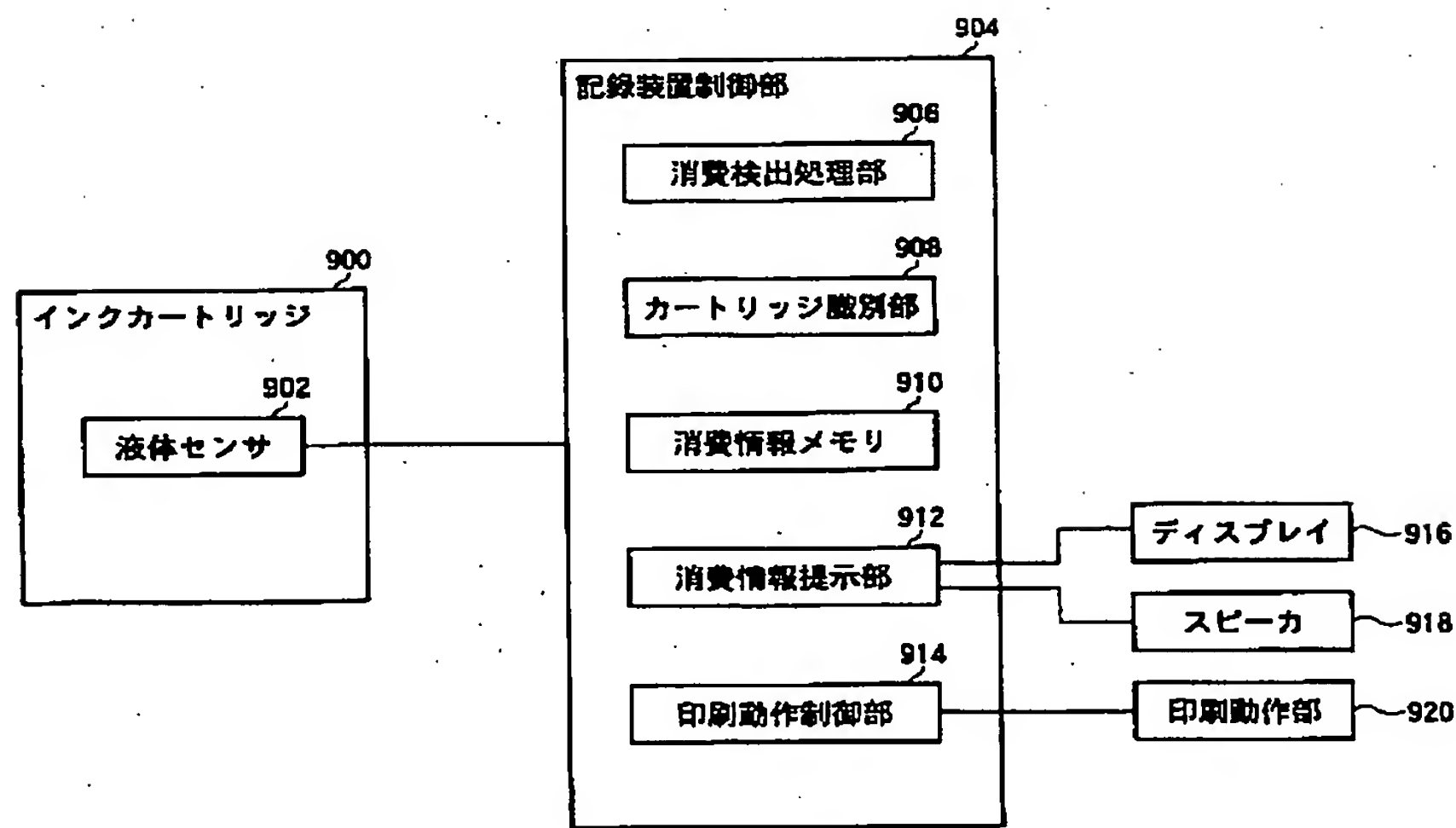


(43)

【図51】



【図53】





(44)

フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

H O 1 L 41/187

F I

テーマコード(参考)

H O 1 L 41/08

C

41/18

1 0 1 D

(72)発明者 碓井 稔

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 2C056 EA29 EB20 EB29 EB51 EB59

EC19 EC28 FA10 KC01 KC09

KC11 KC13 KC15 KC30 KD06

2F013 BF00 CB10

2F014 AA01 AA07 AB01 AB02 AB03

CB01 FB01

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The liquid container characterized by having the liquid sensor which is the liquid container with which liquid use equipment is equipped, and has a piezoelectric device, and a storage means.

[Claim 2] The liquid container according to claim 1 characterized by the aforementioned storage means memorizing consumption related information.

[Claim 3] The aforementioned consumption related information is a liquid container according to claim 1 characterized by including the consumption status information acquired using the aforementioned liquid sensor.

[Claim 4] The aforementioned consumption related information is a liquid container according to claim 2 characterized by including the detection property information used when acquiring a consumption situation using a liquid sensor.

[Claim 5] The aforementioned storage means is a liquid container according to claim 4 characterized by having memorized the detection property information before consumption which shows the detection property before starting consumption of the liquid in the aforementioned liquid container as the aforementioned detection property information.

[Claim 6] The aforementioned storage means is a liquid container according to claim 4 to 5 characterized by having memorized the detection property information after consumption which shows the detection property of the schedule detected when a liquid is consumed to predetermined detection goals as the aforementioned detection property information.

[Claim 7] The aforementioned detection property information is a liquid container according to claim 5 to 6 characterized by being the information on the resonance frequency showing the size of an acoustic impedance.

[Claim 8] The aforementioned storage means is a liquid container according to claim 1 characterized by memorizing ink kind information.

[Claim 9] The aforementioned ink kind information is a liquid container according to claim 8

characterized by being the information acquired using the liquid sensor.

[Claim 10] The aforementioned storage means is a liquid container according to claim 4 to 7 characterized by storing the aforementioned detection property measure of information value after the aforementioned liquid use equipment is equipped with the aforementioned liquid container.

[Claim 11] The aforementioned storage means is a liquid container according to claim 4 to 7 characterized by storing the aforementioned detection property measure of information value in the manufacture process of the aforementioned liquid container.

[Claim 12] The aforementioned storage means is a liquid container according to claim 1 characterized by memorizing the information before consumption.

[Claim 13] The aforementioned storage means is a liquid container according to claim 1 characterized by memorizing consumption variation information.

[Claim 14] The aforementioned liquid sensor and the aforementioned storage means are a liquid container according to claim 1 characterized by being prepared on the same substrate.

[Claim 15] The aforementioned substrate is a liquid container according to claim 14 characterized by being arranged near the feed hopper which supplies a liquid from the aforementioned liquid container.

[Claim 16] The liquid container according to claim 14 or 15 characterized by equipping the aforementioned substrate with the attachment module object with which the aforementioned liquid sensor and the attachment structure were unified.

[Claim 17] The liquid container according to claim 14 to 16 characterized by including the positioning structure of positioning the aforementioned substrate to the aforementioned liquid container.

[Claim 18] The liquid container according to claim 1 to 17 characterized by detecting a liquid consumption state by the aforementioned liquid sensor based on change of an acoustic impedance.

[Claim 19] The aforementioned liquid sensor is a liquid container according to claim 18 characterized by detecting a liquid consumption state based on outputting the signal which shows a residual vibration state and a residual vibration state changing according to a liquid consumption state.

[Claim 20] The aforementioned storage means is a liquid container according to claim 1 to 19 characterized by including semiconductor memory.

[Claim 21] It is the liquid container characterized by being the ink cartridge by which an ink-jet recording device is equipped with the aforementioned liquid container in a liquid container according to claim 1 to 20.

[Claim 22] The aforementioned storage means is a liquid container according to claim 1 characterized by the ability to rewrite.

[Claim 23] The aforementioned storage means is a liquid container according to claim 1



characterized by being attached in a liquid container at one.

[Claim 24] The aforementioned storage means is a liquid container according to claim 1 characterized by memorizing the information about ink.

[Claim 25] Liquid detection equipment characterized by having a substrate, the sensor with which have a piezoelectric device and the 1st position of the aforementioned substrate is equipped, and the storage means with which the 2nd position of the aforementioned substrate is equipped.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention is detecting change of an acoustic impedance, and it is detecting change of resonance frequency also especially in it. It is related with the liquid container equipped with the piezo-electric equipment for detecting the consumption state of the liquid in the liquid container which holds a liquid. in more detail Make the ink of a pressure generating room correspond to print data by the pressure generating means, pressurize, and it prepares for the ink cartridge applied to the ink-jet recording device which is made to breathe out an ink drop and is printed from nozzle opening. It is related with the piezo-electric equipment which detects the consumption state of the ink in an ink cartridge.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a liquid container to which this invention is applied, it explains taking the case of the ink cartridge with which an ink-jet formula recording device is equipped. Generally the ink-jet recording device is equipped with the carriage with which the ink-jet formula recording head equipped with a pressure generating means to pressurize a pressure generating room, and nozzle opening which carries out the regurgitation of the pressurized ink as an ink drop from nozzle opening was carried, and the ink tank which holds the ink supplied to a recording head through passage, and it is constituted so that continuation printing may be possible. When ink is consumed, as for an ink tank, what is constituted as a removable cartridge to the recording device is common so that a user can exchange easily.

[0003] The method of software integrating conventionally the number of counts of the ink drop breathed out by the recording head and the amount of ink attracted at the maintenance process of a print head as a management method of ink consumption of an ink cartridge, being on calculation, and managing ink consumption, the method of managing ink consumption by detecting the time of specified quantity consumption of the ink actually being carried out by attaching two electrodes for direct oil-level detection in an ink cartridge, etc. were learned.

[0004] However, the method of software integrating the number of regurgitation and the attracted amount of ink of an ink drop, and being on calculation and managing ink consumption By the operating environment, for example, by the difference between the height of the temperature of the use interior of a room, or humidity, the elapsed time after opening of an ink cartridge, and the operating frequency in a user side etc. The pressure in an ink cartridge and the viscosity of ink changed, and there was a problem that the error which cannot be disregarded between the ink consumption on calculation and actual consumption will arise. Moreover, since the integrated counted value will once be reset when the same cartridge is once demounted and it equips with it again, there was also a problem that an actual ink residue completely will not be clear anymore.

[0005] Since the method of on the other hand managing the time of ink being consumed by the electrode can detect the amount of real of one point with ink consumption, it can manage an ink residue with high reliability. However, in order to detect the oil level of ink, ink must be conductivity and the kind of ink therefore used will be limited. Moreover, there is a problem which the fluid-tight structure between an electrode and an ink cartridge complicates. Furthermore, as a material of an electrode, usually, since conductivity used noble metals also with a corrosion resistance it is good and high, the problem that the manufacturing cost of an ink cartridge increased also had it. Furthermore, since it was necessary to equip somewhere else of an ink cartridge with two electrodes, respectively, the manufacturing process increased and there was also a problem that a manufacturing cost will increase as a result.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Then, this invention aims at offering the liquid container which could detect correctly the consumption state of a liquid which can solve the above-mentioned technical problem, and made complicated seal structure unnecessary. Moreover, other purposes of this invention are to offer the ink cartridge which could detect the consumption state of ink correctly and made complicated seal structure unnecessary.

[0007] this invention improves such detection technology while offering the technology of detecting a liquid residue especially using vibration. this invention enables suitable use of a detection result, and enables improvement in detection precision. In addition, this invention is not limited to an ink cartridge, but can be applied also to liquid detection of other liquid containers.

[0008] The above-mentioned purpose is attained by the combination of the feature given in the independent term in a claim. Moreover, a subordinate term specifies the further advantageous example of this invention.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The mode with this invention is a liquid container with which liquid use equipment is equipped. Typically, liquid use equipment is an ink-jet recording device, and a liquid container is an ink cartridge. The liquid container of this invention is equipped

with the liquid sensor which has a piezoelectric device, and a storage means. Preferably, the detecting signal which shows vibration of the piezoelectric device according to the consumption state of the liquid in a container is generated. A storage means memorizes the information about a liquid container. A storage means is consumption information memory preferably, consumption information memory can be rewritten and the consumption related information relevant to the detection of a consumption state using the liquid sensor is memorized. By using a piezoelectric device, there is also no liquid spill and a consumption state can be detected appropriately. By having had the storage means related with a piezoelectric device, consumption related information required of the liquid container can be given to each liquid container.

[0010] The consumption status information acquired using the aforementioned liquid sensor is sufficient as consumption related information. For example, suppose that the liquid container was removed from liquid use equipment where a liquid is consumed to the middle. When again equipped with the liquid container, or when another equipment is equipped, a consumption state can be read and used from a storage means. That is, it is avoidable that a detection result is lost in connection with the desorption of a container. And a user is told about a consumption state or control based on a consumption state can be performed. Thus, according to this invention, suitable use of a detection result is attained. In addition to the consumption state which the liquid sensor detected, a storage means may memorize the consumption state presumed from the amount of printings.

[0011] Moreover, the detection property information used when acquiring a consumption situation using a liquid sensor is sufficient as consumption related information, and it is information which should be preferably detected according to a consumption state. Based on detection property information, a consumption state is detected using a liquid sensor. the information detection property information indicates an acoustic impedance to be -- the information on resonance frequency is preferably sufficient. For example, the control computer of an ink-jet recording device carries out a detection processing facility more. This control computer should just receive detection property information from a cartridge at the time of wearing of an ink cartridge.

[0012] this invention is especially advantageous to a difference of the detection property of each liquid container. With dispersion in a container configuration, or other various factors, the detection property of the sensor with which the liquid container was equipped changes for every container. Then, preferably, a detection property peculiar to each container is measured, and it is stored in a storage means. By using this detection property, the influence by dispersion in the property between containers can be reduced, and detection precision can be improved.

[0013] The front [ consumption ] detection property information which shows the detection properties (acoustic impedance etc.) before starting consumption of the liquid in a liquid



container is sufficient as detection property information. Moreover, the after [consumption] detection property information which shows the detection property of the schedule detected when a liquid is consumed to predetermined detection goals is sufficient as detection property information. Of course, you may memorize both the detection property information before consumption, and the detection property information after consumption.

[0014] A storage means (consumption information memory) may store a detection property measure-of-information value, after the equipment which uses the liquid of a liquid container is equipped with a liquid container. For example, when an ink-jet recording device is equipped with an ink cartridge, a liquid sensor is used immediately after it and an acoustic impedance is detected. The measured value is stored in consumption information memory, and after the ink beginning of using is used as detection property information. The detection property prepared beforehand may be corrected based on measured value. By such early adjustment, dispersion based on the individual differences of a container can be absorbed appropriately, and improvement in detection precision can be aimed at.

[0015] A storage means (consumption information memory) may store a detection property measure-of-information value in the manufacture process of a liquid container. Since measured value is calculated in manufacture process, the measured value of the detection property before liquid pouring is also obtained. Both or one side of the detection property information before consumption and the detection property information after consumption is easily storable.

[0016] A storage means may memorize the information before consumption. A storage means may memorize consumption variation information.

[0017] A storage means may memorize the information about ink. A storage means may memorize ink kind information. The information acquired using the liquid sensor is sufficient as ink kind information.

[0018] The liquid sensor and the storage means may be arranged in the place where it differs on a liquid container. Both composition may be arranged in a different place on the same wall surface on a liquid container. Both composition may be arranged at the wall surface from which a liquid container differs, respectively. The wall surface in which a liquid sensor is installed may lie at right angles to the wall surface in which a storage means (consumption information memory) is installed.

[0019] You may have the liquid sensor and the storage means in the center of the container cross direction. Both composition of both is near the feed hopper which supplies a liquid from a liquid container, and you may have it in the center of the container cross direction. The advantage that a position gap of the liquid sensor to the inclination of the container at the time of wearing and memory can be made small is acquired. Furthermore, a position gap of a liquid sensor and memory can be made small using the positioning composition of a feed hopper.

[0020] It may be prepared on the substrate (consumption detection substrate) with same liquid sensor and storage means. Attachment of a liquid sensor and memory is easy. A substrate is

near the feed hopper which supplies a liquid from a liquid container, may be arranged in the center of the container cross direction, and can make a position gap small as mentioned above.

[0021] Moreover, the substrate may be equipped with the attachment module object with which a liquid sensor and the attachment structure were unified. A liquid sensor can be protected from the exterior. Moreover, attachment can become easy, work can be simplified and reduction of cost can be aimed at.

[0022] The positioning structure of positioning a substrate to a liquid container may be established. Attaching position precision can be improved.

[0023] Based on change of the acoustic impedance accompanying liquid consumption, a consumption state is detected preferably. The aforementioned liquid sensor may output the signal which shows the residual vibration state after generating vibration. A liquid consumption state is detected based on a residual vibration state changing according to a liquid consumption state.

[0024] Moreover, the aforementioned liquid sensor may generate the detecting signal according to the reflected wave to the aforementioned elastic wave while generating an elastic wave toward the interior of the aforementioned liquid container.

[0025] Semiconductor memory like EEPROM is sufficient as a storage means.

[0026] Another mode of this invention is liquid detection equipment. Liquid detection equipment has a liquid sensor and a storage means. A liquid sensor has a piezoelectric device. The detecting signal which shows vibration of the piezoelectric device according to the consumption state of the liquid in a liquid container is generated. A storage means can be rewritten and the consumption related information relevant to the detection of a consumption state using the aforementioned liquid sensor is memorized.

[0027] A liquid container does not need to be equipped with both a liquid sensor, and both [ one side or ] in this mode. Moreover, even if the detection processing facility using the liquid sensor is arranged at the external equipment connected even if arranged at liquid use equipment and it is arranged at a liquid container, it may be divided into two or more places.

[0028] For example, a liquid container is equipped with a liquid sensor and memory and a detection processing facility presuppose that it prepared for liquid use equipment. A detection processing facility discriminates a liquid container, and it uses the consumption related information corresponding to the liquid container, reading it from a storage means.

[0029] Another mode of this invention is a liquid consumption detection substrate used in order to detect the consumption state of the liquid in a liquid container, and has a sensor and a storage means.

[0030] In addition, the outline of the above-mentioned invention is not what enumerated all the required features of this invention, and the sub combination of these characterizing group may also be invented.

[0031]

[Embodiments of the Invention] Although this invention is hereafter explained through the gestalt of implementation of invention, not all the combination of the feature of the following operation gestalten that do not limit invention concerning a claim and are explained in the operation gestalt is necessarily indispensable for the solution means of invention.

[0032] First, the principle of this operation gestalt is explained. With the gestalt of this operation, this invention is applied to the technology of detecting the ink consumption state in an ink container. The consumption state of ink is detected using the liquid sensor which has a piezoelectric device. A liquid sensor generates the detecting signal which shows vibration of the piezoelectric device according to the ink consumption state.

[0033] In addition to a liquid sensor, as a feature of the gestalt of this operation, consumption information memory is prepared in an ink cartridge. Consumption information memory is one gestalt of the storage means for the liquid containers of this invention. Consumption information memory can be rewritten and the consumption related information relevant to the detection of a consumption state using the liquid sensor is memorized. By having had consumption information memory, consumption related information required of the liquid container can be given to each liquid container.

[0034] Consumption related information is the consumption status information acquired for example, using the liquid sensor. An ink cartridge is removed from an ink-jet recording device, and presupposes that it is equipped again. Since consumption status information is held at memory, disappearance of consumption status information is avoided. Consumption status information is read from memory at the time of wearing, and can be used for it.

[0035] Moreover, the information on the detection property which should be detected according to the consumption state of a liquid is sufficient as consumption related information. Detection property information is information which shows the acoustic impedance for example, according to the ink consumption state. This detection property information is read and it is used for detection of a consumption state. According to this gestalt, ink-jet equipment does not need to have detection property information. It can be coped with suitable also for change of the detection property by the design change of a cartridge.

[0036] The form of this operation is advantageous to the individual difference of an ink cartridge. It originates in manufacture dispersion of a cartridge etc. and detection properties differ little by little for every cartridge. By storing the detection property of each cartridge in consumption information memory, the influence by the individual difference can be reduced and improvement in detection precision can be aimed at.

[0037] Furthermore, consumption information memory memorizes the information about ink as a storage means of this invention. A storage means memorizes ink kind information etc. Moreover, this storage means memorizes other information, such as the date of manufacture, cleaning sequence information, and image-processing information.

[0038] Below, with reference to a drawing, this operation form is explained more concretely.



First, the foundations of the technology of detecting ink consumption based on vibration using piezo-electric equipment are explained. Various application of detection technology is explained following this. In the form of this operation, the ink cartridge has a liquid sensor and consumption information memory. It continues and the detail of related matters is explained to consumption information memory with reference to drawing 47 .

[0039] In the form of this operation, a liquid sensor specifically consists of piezo-electric equipment. In the following explanation, an "actuator" and a "elastic-wave generating means" are equivalent to a liquid sensor. Moreover, consumption information memory is semiconductor memory (semiconductor storage means).

[0040] The fundamental concept of a "cartridge which detects ink consumption" this invention is using an oscillating phenomenon, and is detecting the state (the existence of the liquid in a liquid container, the amount of a liquid, the water level of a liquid, the kind of liquid, and composition of a liquid being included) of the liquid in a liquid container. It crawls as detection of the state of the liquid in the liquid container using the concrete oscillating phenomenon, and the method of shoes can be considered. For example, an elastic-wave generating means generates an elastic wave to the interior of a liquid container, and there is a method of detecting the medium in a liquid container and change of the state by receiving the reflected wave reflected with an oil level or the wall which counters. Moreover, there is also the method of detecting change of an acoustic impedance apart from this from the oscillation characteristic of the vibrating body. As a method of using change of an acoustic impedance By vibrating the oscillating section of the piezo-electric equipment or the actuator which has a piezoelectric device, and measuring the counter-electromotive force produced by the residual vibration which remains in the oscillating section after that The method of detecting change of an acoustic impedance by detecting resonance frequency or a counter-electromotive force wave amplitude, The impedance characteristic or admittance property of a liquid is measured with impedance analyzers, such as a measurement machine, for example, a propagation circuit etc., and there is the method of measuring change by the frequency of the current value when giving current value, a voltage value change, or vibration to a liquid or a voltage value. About the detail of the principle of operation of an elastic-wave generating means and piezo-electric equipment, or an actuator, it mentions later.

[0041] Drawing 1 is the cross section of the monochrome to which this invention is applied, for example, 1 operation form of the ink cartridge for black ink. The ink cartridge of drawing 1 is based on the method of receiving the reflected wave of an elastic wave of the methods explained above, and detecting the position of the oil level in a liquid container, and the existence of a liquid. The elastic-wave generating means 3 is used as a means to generate an elastic wave and to receive again. The ink feed hopper 2 joined to the ink supply needle of a recording device is formed in the container 1 which holds ink. It is attached in the outside of base 1a of a container 1 so that the elastic-wave generating means 3 can transmit an elastic wave to internal ink

through a container. When Ink K becomes the stage all consumed mostly, i.e., an ink near end, the elastic-wave generating means 3 is formed in the position of the some upper part rather than the ink feed hopper 2 for transfer of an elastic wave to change into a gas from ink. In addition, a receiving means may be established independently and the elastic-wave generating means 3 may only be used as a generating means.

[0042] Packing 4 and the valve element 6 are formed in the ink feed hopper 2. the ink supply needle 32 which packing 4 opens for free passage to a recording head 31 as shown in drawing 3, and liquid -- it is engaged densely The valve element 6 is always \*\*\*\*(ed) by the spring 5 to packing 4. If the ink supply needle 32 is inserted, a valve element 6 will be pushed on the ink supply needle 32, ink passage will be opened wide, and the ink in a container 1 will be supplied to a recording head 31 through the ink feed hopper 2 and the ink supply needle 32. It is equipped with a semiconductor storage means 7 by which the information about the ink in an ink cartridge was stored, on the upper wall of a container 1.

[0043] Drawing 2 is the perspective diagram seen from the background which shows one example of the ink cartridge which holds two or more kinds of ink. A container 8 is divided into three ink rooms 9, 10, and 11 by the septum. The ink feed hoppers 12, 13, and 14 are formed in each ink room. The elastic-wave generating meanses 15, 16, and 17 are attached in base 8a of each ink room 9, 10, and 11 so that an elastic wave can be transmitted to the ink held in each ink interior of a room through the container 8.

[0044] Drawing 3 is the cross section showing the operation form of the important section of the ink-jet recording device suitable for the ink cartridge shown in drawing 1 and 2. The carriage 30 which can reciprocate crosswise [ of a record form ] is equipped with the sub tank unit 33, and the recording head 31 is formed in the undersurface of the sub tank unit 33. Moreover, the ink supply needle 32 is formed in the ink cartridge loading side side of the sub tank unit 33.

[0045] Drawing 4 is the cross section showing the detail of the sub tank unit 33. The sub tank unit 33 has the ink supply needle 32, the ink room 34, \*\*\*\* 36, and a filter 37. In the ink room 34, the ink supplied through the ink supply needle 32 from an ink cartridge is held. \*\*\*\* 36 is designed so that it may open and close by the pressure differential between the ink room 34 and the ink supply way 35. The ink supply way 35 is open for free passage to the recording head 31, and has the structure where ink is supplied to a recording head 31.

[0046] If the ink feed hopper 2 of a container 1 is inserted in the ink supply needle 32 of the sub tank unit 33 as shown in drawing 3, a valve element 6 will resist a spring 5, and will retreat, ink passage will be formed, and the ink in a container 1 will flow into the ink room 34. Record operation is performed, after making negative pressure act on nozzle opening of a recording head 31 and filling up ink into a recording head 31 with the stage where the ink room 34 was filled up with ink.

[0047] If ink is consumed by record operation in a recording head 31, since the pressure of the downstream of \*\*\*\* 36 will decline, as shown in drawing 4, \*\*\*\* 36 separates and opens from a

valve element 38. When \*\*\*\* 36 opens, the ink of the ink room 34 flows into a recording head 31 through the ink supply way 35. The ink of a container 1 flows into the sub tank unit 33 through the ink supply needle 32 with the inflow of the ink to a recording head 31.

[0048] During the period of a recording device of operation, a driving signal is supplied to the elastic-wave generating means 3 the timing of the detection set up beforehand, for example, a fixed period. The elastic wave generated by the elastic-wave generating means 3 spreads base 1a of a container 1, is transmitted to ink and spreads ink.

[0049] A residue detection function can be given to the ink cartridge itself by sticking the elastic-wave generating means 3 on a container 1. Since the embedding of the electrode for oil-level detection at the time of fabrication of a container 1 becomes unnecessary according to this invention, an injection-molding process is simplified, the liquid spill from an electrode imbedding field is lost, and the reliability of an ink cartridge can be improved.

[0050] Drawing 5 shows the manufacture method of the elastic-wave generating meanses 3, 15, 16, and 17. The fixed substrate 20 is formed of material, such as a ceramic which can be calcinated. First, as shown in drawing 5 (I), the electrical-conducting-material layer 21 used as one electrode is formed in the front face of the fixed substrate 20. Next, as shown in drawing 5 (II), the green sheet 22 of piezoelectric material is put on the front face of the electrical-conducting-material layer 21. Next, as shown in drawing 5 (III), after fabricating a green sheet 22 in a predetermined configuration with a press etc. at the configuration of vibrator and carrying out after an air drying, it calcinates with burning temperature, for example, 1200 degreeC. Next, as shown in drawing 5 (IV), the electrical-conducting-material layer 23 used as the electrode of another side is formed in the front face of a green sheet 22, and it polarizes possible [ flexural oscillation ]. Finally, as shown in drawing 5 (V), the fixed substrate 20 is cut for every element. By fixing the fixed substrate 20 to the predetermined field of a container 1 with adhesives etc., the elastic-wave generating means 3 is fixed to the predetermined field of a container 1, and ink car TOJJI with a residue detection function is completed.

[0051] Drawing 6 shows other operation forms of the elastic-wave generating means 3 shown in drawing 5 . In the example of drawing 5 , the electrical-conducting-material layer 21 is used as a connection electrode. On the other hand, in the example of drawing 6 , the end-connection children 21a and 23a are formed in an upper position with solder etc. rather than the front face of the piezoelectric-material layer constituted by the green sheet 22. By the end-connection children 21a and 23a, direct mounting to the circuit board of the elastic-wave generating means 3 is attained, and leading about of lead wire becomes unnecessary.

[0052] By the way, an elastic wave is a kind of the wave which can spread a gas, a liquid, and a solid-state as a medium. Therefore, the wavelength, an amplitude, a phase, vibration frequency, propagation, propagation velocity, etc. of an elastic wave change with change of a medium. On the other hand, also in the reflected wave of an elastic wave, the state and property of the wave



change with change of a medium. Therefore, it becomes possible to get to know the state of the medium by using the reflected wave which changes with change of the medium which an elastic wave spreads. In detecting the state of the liquid in a liquid container by this method, it uses for example, an elastic-wave transmitter-receiver. If it explains taking the case of the form of drawing 1 - drawing 3, a transmitter-receiver will give an elastic wave first to a medium, for example, a liquid, or a liquid container, and the elastic wave spreads the inside of a medium, and reaches on the surface of a liquid. Since it has the boundary of a liquid and a gas on the surface of a liquid, a reflected wave is returned to a transmitter-receiver. A transmitter-receiver can receive a reflected wave and can measure the distance of a transmitter or a receiver, and the front face of a liquid from the attenuation factor of the amplitude of the elastic wave which the traffic time and the transmitter of the reflected wave generated, and the reflected wave which the front face of a liquid reflected etc. The state of the liquid in a liquid container is detectable using this. The elastic-wave generating means 3 may be used as a transmitter-receiver in the method of using the reflected wave by change of the medium which an elastic wave spreads as a simple substance, and may equip with the receiver of exclusive use independently.

[0053] As described above, the arrival time to the elastic-wave generating means 3 of the reflected wave which produces the elastic wave which is generated by the elastic-wave generating means 3, and spreads the inside of ink liquid on an ink liquid front face with the density and oil-level level of ink liquid changes. Therefore, when composition of ink is fixed, the arrival time of the reflected wave produced on an ink liquid front face is influenced by the amount of ink. Therefore, the amount of ink is detectable by detecting time after the elastic-wave generating means 3 generates an elastic wave until the reflected wave from an ink front face reaches the elastic-wave generating means 3. Moreover, since an elastic wave vibrates the particle contained in ink, it contributes to preventing precipitation of a pigment etc. in the case of the ink of the pigment system which used the pigment as a coloring agent.

[0054] When the ink of an ink cartridge decreases in number to ink and near by printing operation or maintenance operation and it becomes impossible for the elastic-wave generating means 3 to receive a reflected wave by forming the elastic-wave generating means 3 in a container 1, it can judge with it being an ink near end, and exchange of an ink cartridge can be urged.

[0055] Drawing 7 shows other examples of the ink cartridge of this invention. An interval is prepared in the vertical direction and two or more elastic-wave generating meanses 41-44 are established on the side attachment wall of a container 1. The ink cartridge of drawing 7 can detect the existence of the ink in the level of the wearing position of each elastic-wave generating means 41-44 by whether ink exists in each position of the elastic-wave generating meanses 41-44. For example, when the water level of ink is the level between the elastic-wave generating meanses 44 and 43, it will detect, if the elastic-wave generating means 44 does not

have ink, and since it will detect if the elastic-wave generating meanses 41, 42, and 43 have ink, it turns out that the water level of ink is the level between the elastic-wave generating meanses 44 and 43. Therefore, an ink residue is gradually detectable by establishing two or more elastic-wave generating meanses 41-44.

[0056] Drawing 8 and drawing 9 show the example of further others of the ink cartridge of this invention, respectively. In the example shown in drawing 8, base 1a aslant formed in the vertical direction is equipped with the elastic-wave generating means 65. Moreover, in the example shown in drawing 9, the elastic-wave generating means 66 prolonged for a long time perpendicularly is established near the base of side-attachment-wall 1b.

[0057] If according to the example of drawing 8 and drawing 9 ink is consumed and a part of elastic-wave generating meanses 65 and 66 come to be exposed from an oil level, the arrival time and the acoustic impedance of a reflected wave of an elastic wave which the elastic-wave generating meanses 65 and 66 generated will change continuously corresponding to the change  $\Delta h_1$  and  $\Delta h_2$  of an oil level. Therefore, ink and the process of until are correctly detectable from the ink near end state of an ink residue by detecting the arrival time of the reflected wave of an elastic wave, or the degree of change of an acoustic impedance.

[0058] In addition, the example was taken and explained to the ink cartridge of form which holds ink in a liquid container directly in the above-mentioned example. As other operation gestalten of an ink cartridge, it may load with a porosity elastic body into a container 1, and the ink cartridge of form into which liquid ink is infiltrated at a porosity elastic body may be equipped with an above-mentioned elastic-wave generating means. Moreover, although enlargement of a cartridge is suppressed by using an oscillated type piezoelectric transducer in an above-mentioned example, it is also possible to use a longitudinal-oscillation type piezoelectric transducer. Furthermore, in an above-mentioned example, an elastic wave is transmitted by the same elastic-wave generating means, and waves are received. As other operation gestalten, you may detect an ink residue using an elastic-wave generating means which is different by the object for wave transmission, and the object for wave-receiving.

[0059] Drawing 10 shows the example of further others of the ink cartridge of this invention. An interval is prepared in the vertical direction and two or more elastic-wave generating meanses 65a, 65b, and 65c are formed in the container 1 at base 1a aslant formed in the vertical direction. According to this example, the arrival time of the reflected wave of the elastic wave to each elastic-wave generating means 65a, 65b, and 65c in the level of the wearing position of each elastic-wave generating means 65a, 65b, and 65c differs by whether ink exists in each position of two or more elastic-wave generating meanses 65a, 65b, and 65c. Therefore, the existence of the ink in the level of the wearing position of each elastic-wave generating means 65a, 65b, and 65c is detectable by scanning each elastic-wave generating means 65, and detecting the arrival time of the reflected wave of the elastic wave in the elastic-wave generating meanses 65a, 65b, and 65c. Therefore, an ink residue is gradually detectable. For

example, when an ink oil level is the level between elastic-wave generating means 65b and elastic-wave generating means 65c, elastic-wave generating means 65c detects those without ink, and, on the other hand, the elastic-wave generating meanses 65b and 65a are detected with those with ink. By carrying out comprehensive evaluation of these results, it turns out that the ink oil level is located between elastic-wave generating means 65b and elastic-wave generating means 65c.

[0060] Drawing 11 shows the operation gestalt of further others of the ink cartridge of this invention. In order to raise the intensity of the reflected wave from an oil level, the ink cartridge of drawing 11 attached the plate 67 in float 68, and is wearing the ink oil level. A plate 67 has a high acoustic impedance, and it is formed of the plate of a material equipped with ink-proof nature, for example, a ceramic.

[0061] Drawing 12 shows other operation gestalten of an ink cartridge shown in drawing 11 . Like the ink cartridge of drawing 11 , in order to raise the intensity of the reflected wave from an oil level, the ink cartridge of drawing 12 attached the plate 67 in float 68, and is wearing the ink oil level. The elastic-wave generating means 65 is fixed to base 1a by which drawing 12 (A) was aslant formed in the vertical direction. If an ink residue decreases and the elastic-wave generating means 65 is exposed from an oil level, since the arrival time to the elastic-wave generating means 65 of the reflected wave of the elastic wave which the elastic-wave generating means 65 generated will change, the existence of the ink in the level of the wearing position of the elastic-wave generating means 65 is detectable. Since base 1a aslant formed in the vertical direction is equipped with the elastic-wave generating means 65 and ink is somewhat left behind in the container 1 after the elastic-wave generating means 65 detects having no ink, the ink residue at the ink near end time is detectable.

[0062] Drawing 12 (B) prepares an interval in the vertical direction at base 1a aslant formed in the vertical direction, and two or more elastic-wave generating meanses 65a, 65b, and 65c are formed in the container 1. According to the example of drawing 12 (B), the arrival time to the elastic-wave generating meanses 65a, 65b, and 65c of the reflected wave in the level of the wearing position of each elastic-wave generating means 65a, 65b, and 65c differs by whether ink exists in each position of two or more elastic-wave generating meanses 65a, 65b, and 65c. Therefore, the existence of the ink in the level of the wearing position of each elastic-wave generating means 65a, 65b, and 65c is detectable by scanning each elastic-wave generating means 65, and detecting the arrival time of the reflected wave in each elastic-wave generating means. For example, when an ink oil level is the level between elastic-wave generating means 65b and elastic-wave generating means 65c, elastic-wave generating means 65c detects those without ink, and, on the other hand, the elastic-wave generating meanses 65b and 65a are detected with those with ink. By carrying out comprehensive evaluation of these results, it turns out that the ink oil level is located between elastic-wave generating means 65b and elastic-wave generating means 65c.



[0063] Drawing 13 shows the operation gestalt of further others of the ink cartridge of this invention. The ink absorber 74 is arranged so that at least a part may counter breakthrough 1c by which the ink cartridge shown in drawing 13 (A) was prepared in the interior of a container 1. The elastic-wave generating means 70 is fixed to base 1a of a container 1 so that breakthrough 1c may be countered. The ink cartridge shown in drawing 13 (B) is made to counter 1h of slots opened for free passage and formed in breakthrough 1c, and the ink absorber 75 is arranged.

[0064] If according to the operation gestalt shown in drawing 13 the ink in a container 1 is consumed and the ink absorbers 74 and 75 are exposed from ink, the ink of the ink absorbers 74 and 75 will flow out with a self-weight, and will supply ink to a recording head 31. If all ink is consumed, since the ink absorbers 74 and 75 suck up the ink which remains in breakthrough 1c, ink will be completely discharged from the crevice of breakthrough 1c. Therefore, since the state of the reflected wave of the elastic wave which the elastic-wave generating means 70 generated at ink and the time changes, an ink end can be detected still more certainly.

[0065] Drawing 14 shows the flat surface of the operation gestalt of further others of breakthrough 1c. As shown in (C) from drawing 14 (A), respectively, if the flat surface configuration of breakthrough 1c is a configuration where an elastic-wave generating means can be attached, it is good in the configurations where circular, a rectangle, a triangle, etc. are arbitrary.

[0066] Drawing 15 shows the cross section of other operation gestalten of the ink-jet recording device of this invention. Drawing 15 (A) shows the cross section of only an ink-jet recording device. Drawing 15 (B) shows a cross section when an ink-jet recording device is equipped with an ink cartridge 272. The carriage 250 which can reciprocate crosswise [ of an ink-jet record form ] has a recording head 252 on the inferior surface of tongue. Carriage 250 has the sub tank unit 256 on the upper surface of a recording head 252. The sub tank unit 256 has the same composition as the sub tank unit 33 shown in drawing 6. The sub tank unit 256 has the ink supply needle 254 in the loading side side of an ink cartridge 272. Carriage 250 has heights 258 so that the field in which an ink cartridge 272 is carried may be countered at the pars basilaris ossis occipitalis of an ink cartridge 272. Heights 258 have the elastic-wave generating meanses 260, such as a piezoelectric transducer.

[0067] Drawing 16 shows the operation gestalt of the ink cartridge suitable for the recording device shown in drawing 15. Drawing 16 (A) shows monochrome, for example, the operation gestalt of the ink cartridge for black ink. The ink cartridge 272 of this operation gestalt has the container 274 which holds ink, and the ink feed hopper 276 joined to the ink supply needle 254 of a recording device. A container 274 has the crevice 278 which engages with base 274a with heights 258. A crevice 278 holds the ultrasonic transfer material 280, for example, gelling material.

[0068] The ink feed hopper 276 has packing 282, a valve element 286, and a spring 284.

packing 282 -- the ink supply needle 254 and liquid -- it is engaged densely A valve element 286 is always \*\*\*\*(ed) by packing 282 with a spring 284. If the ink supply needle 254 is inserted in the ink feed hopper 276, a valve element 286 will be pushed on the ink supply needle 254, and ink passage will be opened. The upper part of a container 274 is equipped with a semiconductor storage means 288 by which the information about the ink of an ink cartridge 272 etc. was stored.

[0069] Drawing 16 (B) shows the operation gestalt of the ink cartridge which holds two or more sorts of ink. A container 290 is divided into two or more fields 292, 294, and 296, i.e., three ink rooms, by the wall. Each ink room 292, 294, and 296 has the ink feed hoppers 298, 300 and 302. The gelling material 304, 306, and 308 for transmitting the elastic wave which the elastic-wave generating means 260 generated to the field which counters each ink rooms 292, 294, and 296 of base 290a of a container 290 is held in the tubed crevices 310, 312, and 314.

[0070] Since a valve element 286 will resist a spring 284, will retreat and ink passage will be formed if the ink feed hopper 276 of an ink cartridge 272 is inserted in the ink supply needle 254 of the sub tank unit 256 as shown in drawing 15 (B), the ink in an ink cartridge 272 flows into the ink room 262. Record operation is performed, after making negative pressure act on nozzle opening of a recording head 252 and filling up ink into a recording head 252 with the stage where the ink room 262 was filled up with ink. If ink is consumed by record operation by the recording head 252, since the pressure of the downstream of \*\*\*\* 266 will decline, \*\*\*\* 266 separates and opens from a valve element 270. The ink of the ink room 262 flows into a recording head 252 by valve opening of \*\*\*\* 266. It accompanies to the inflow of the ink to a recording head 252, and the ink of an ink cartridge 272 flows into the sub tank unit 256.

[0071] During the period of a recording device of operation, a driving signal is supplied to the elastic-wave generating means 260 the timing of the detection set up beforehand, for example, a fixed period. The elastic wave generated by the elastic-wave generating means 260 is emitted from heights 258, spreads the gelling material 280 of base 274a of an ink cartridge 272, and is transmitted to the ink in an ink cartridge 272. Although the elastic-wave generating means 260 was formed in carriage 250 in drawing 15, you may establish the elastic-wave generating means 260 in the sub tank unit 256.

[0072] Since the elastic wave which the elastic-wave generating means 260 generated spreads the inside of ink liquid, time for the reflected wave reflected by the oil level to arrive at the elastic-wave descendant means 260 with the density of ink liquid or the oil-level level of ink changes. Therefore, when composition of ink is fixed, the arrival time of the reflected wave produced on a liquid front face is influenced by only the amount of ink. Therefore, the amount of ink in an ink cartridge 272 is detectable by detecting time until the reflected wave from the ink liquid front face after excitation of the elastic-wave generating means 260 reaches the elastic-wave generating means 260. Moreover, since the elastic wave which the elastic-wave generating means 260 generates vibrates the particle contained in ink, it prevents precipitation

of a pigment etc.

[0073] When the ink in an ink cartridge 272 decreases in number to ink and near by printing operation or maintenance operation and it becomes impossible to receive the reflected wave from the ink liquid front face after elastic-wave generating by the elastic-wave generating means 260, it can judge with it being an ink near end, and exchange of an ink cartridge 272 can be urged. In addition, when not being equipped with the ink cartridge 272 as the convention at carriage 250, the propagation form of the elastic wave by the elastic-wave generating means 260 changes extremely. This can be used, when an extreme change of an elastic wave is detected, an alarm can be emitted, and check of an ink cartridge 272 can also be demanded from a user.

[0074] The arrival time to the elastic-wave generating means 260 of the reflected wave of the elastic wave which the elastic-wave generating means 260 generated is influenced with the density of the ink held in the container 274. According to the kind of ink, since the densities of ink may differ, respectively, the data about the kind of ink held in ink cartridge 272 can be stored in the semiconductor storage means 288, and an ink residue can be detected more to accuracy by performing the detection sequence according to it.

[0075] Drawing 17 shows other operation forms of the ink cartridge 272 of this invention. As for the ink cartridge 272 shown in drawing 17, base 274a is aslant formed in the vertical direction. If the ink residue of the ink cartridge 272 of drawing 17 decreases and a part of irradiation field of the elastic wave of the elastic-wave generating means 260 is exposed from an ink oil level, the arrival time to the elastic-wave generating means 260 of the reflected wave of the elastic wave which the elastic-wave generating means 260 generated will change continuously corresponding to the change  $\Delta h_1$  of an ink oil level.  $\Delta h_1$  shows the difference of the height of base 274a in the ends of the gelling material 280. Therefore, ink and the process of until are correctly detectable from an ink near end state by detecting the arrival time to the elastic-wave generating means 260 of a reflected wave.

[0076] Drawing 18 shows the ink cartridge 272 of this invention, and the operation form of further others of an ink-jet recording device. The ink-jet recording device of drawing 18 has heights 258' in side 274b by the side of the ink feed hopper 276 of an ink cartridge 272. Heights 258' contains elastic-wave generating means 260'. Gelling material 280' is prepared in side 274b of an ink cartridge 272 so that it may engage with heights 258'. drawing 18 -- an ink cartridge -- 272 -- depending -- if -- ink -- a residue -- decreasing -- an elastic wave -- generating -- a means -- 260 -- ' -- an elastic wave -- irradiation -- a field -- a part -- an oil level -- from -- exposing -- if -- an elastic wave -- generating -- a means -- 260 -- ' -- having generated -- an elastic wave -- a reflected wave -- an elastic wave -- generating -- a means -- 260 -- ' -- arrival -- time -- and -- an acoustic impedance -- the change  $\Delta h_2$  of an oil level  $\Delta h_2$  expresses the difference of the height of the upper limit of gelling material 280', and a soffit. Therefore, ink and the process of until are correctly detectable from an ink near end state by detecting the

arrival time to elastic-wave generating means 260' of a reflected wave, or the degree of change of an acoustic impedance.

[0077] In addition, the example was taken and explained to the ink cartridge of form which holds ink in a container 274 directly in the above-mentioned example. As other operation forms, a container 274 may be loaded with a porosity elastic body, and the elastic-wave generating means 260 may be applied to the ink cartridge of form which infiltrates ink into a porosity elastic body. Furthermore, in the above-mentioned example, when an ink residue was detected based on the reflected wave in an oil level, the elastic wave was transmitted and received by the same elastic-wave generating means 260 and 260'. this invention is not limited to this and may use an elastic-wave generating means 260 which is different in wave transmission and wave-receiving of an elastic wave as other operation forms, respectively.

[0078] Drawing 19 shows other operation forms of an ink cartridge 272 shown in drawing 16. An ink cartridge 272 attaches a plate 316 in float 318, is wearing an ink oil level and raises the intensity of the reflected wave from an ink oil level. A plate 316 has a high acoustic impedance, and it is desirable to be formed with a material equipped with ink-proof nature, for example, a ceramic etc.

[0079] Drawing 20 and drawing 21 show the detail and equal circuit of an actuator 106 which are 1 operation form of piezo-electric equipment. An actuator here is used for the method of detecting change of an acoustic impedance at least and detecting the consumption state of the liquid in a liquid container. It is used for the method of detecting change of an acoustic impedance at least and detecting the consumption state of the liquid in a liquid container because resonance frequency detects by residual vibration especially. Drawing 20 (A) is the expansion plan of an actuator 106. Drawing 20 (B) shows the B-B cross section of an actuator 106. Drawing 20 (C) shows the C-C cross section of an actuator 106. Furthermore, drawing 21 (A) and drawing 21 (B) show the equal circuit of an actuator 106. Moreover, drawing 21 (C) and drawing 21 (D) show the circumference containing the actuator 106 when ink is filled in the ink cartridge, respectively, and its equal circuit, and drawing 21 (E) and drawing 21 (F) show the circumference containing the actuator 106 in case there is no ink into an ink cartridge, respectively, and its equal circuit.

[0080] The substrate 178 to which an actuator 106 has the opening 161 of a circle configuration in the center mostly, The diaphragm 176 arranged in one field (henceforth a front face) of a substrate 178 so that opening 161 may be covered, The piezo-electric layer 160 arranged at the front-face side of a diaphragm 176, and the up electrode 164 and the lower electrode 166 which inserts the piezo-electric layer 160 from both, It has the auxiliary electrode 172 which is arranged between the up electrode terminal 168 electrically combined with the up electrode 164, the lower electrode terminal 170 electrically combined with the lower electrode 166, and the up electrode 164 and the up electrode terminal 168, and combines both electrically. The piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 have a circular



portion as each principal part. Each circular portion of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 forms a piezoelectric device.

[0081] A diaphragm 176 is formed in the front face of a substrate 178 so that opening 161 may be covered. A cavity 162 is formed of the opening 161 of a diaphragm 176, the facing portion, and the opening 161 of the front face of a substrate 178. With the piezoelectric device of a substrate 178, the field (henceforth a rear face) of an opposite side faces the liquid-container side, and the cavity 162 is constituted so that a liquid may be contacted. even if a liquid enters in a cavity 162, a liquid does not leak to the front-face side of a substrate 178 -- as -- a diaphragm 176 -- a substrate 178 -- receiving -- liquid -- it is attached densely

[0082] The front face of a diaphragm 176, i.e., a liquid container, is located in the field of an opposite side, and the lower electrode 166 is attached so that the center of a circular portion and the center of opening 161 which are the principal part of the lower electrode 166 may be mostly in agreement. In addition, it is set up so that the area of the circular portion of the lower electrode 166 may become smaller than the area of opening 161. On the other hand, the piezo-electric layer 160 is formed in the front-face side of the lower electrode 166 so that the center of the circular portion and the center of opening 161 may be mostly in agreement. The area of the circular portion of the piezo-electric layer 160 is set up so that it may become larger than the area of the circular portion of the lower electrode 166 smaller than the area of opening 161.

[0083] On the other hand, it is formed in the front-face side of the piezo-electric layer 160 so that the center of a circular portion and the center of opening 161 that the up electrode 164 is the principal part may be mostly in agreement. The area of the circular portion of the up electrode 164 is set up so that it may become larger than the area of the circular portion of the lower electrode 166 smaller than the area of the circular portions of opening 161 and the piezo-electric layer 160.

[0084] Therefore, the principal part of the piezo-electric layer 160 has structure inserted and crowded from a front-face and rear-face side, respectively by the principal part of the up electrode 164, and the principal part of the lower electrode 166, and can carry out the deformation drive of the piezo-electric layer 160 effectively. The circular portion which is each principal part of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 forms the piezoelectric device in an actuator 106. The piezoelectric device is in contact with the diaphragm 176 as mentioned above. Moreover, opening 161 has the largest area among the circular portions of the circular portions of the circular portion of the up electrode 164, and the piezo-electric layer 160, and the lower electrode 166, and opening 161. The oscillating field which actually vibrates among diaphragms 176 according to this structure is determined by opening 161. Moreover, since the circular portions of the circular portion of the up electrode 164 and the piezo-electric layer 160 and the circular portion of the lower electrode 166 have an area smaller than opening 161, a diaphragm 176 becomes easier to vibrate. Furthermore, the

circular portion of the lower electrode 166 is smaller among the circular portion of the lower electrode 166 which connects with the piezo-electric layer 160 electrically, and the circular portion of the up electrode 164. Therefore, the circular portion of the lower terminal 166 determines the portion which generates piezoelectricity effect among the piezo-electric layers 160.

[0085] The up electrode terminal 168 is formed in the front-face side of a diaphragm 176 so that it may connect with the up electrode 164 electrically through an auxiliary electrode 172. On the other hand, the lower electrode terminal 170 is formed in the front-face side of a diaphragm 176 so that it may connect with the lower electrode 166 electrically. The up electrode 164 needs to have a level difference equal to the sum of the thickness of the piezo-electric layer 160, and the thickness of the lower electrode 166 while connecting with the up electrode terminal 168, since it is formed in the front-face side of the piezo-electric layer 160. Forming this level difference only by the up electrode 164 has risk of the connection state of the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 becoming weak, and cutting, though it is difficult and is possible in a loan. Then, the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 are connected, using an auxiliary electrode 172 as an auxiliary member. It becomes possible for the piezo-electric layer 160 and the up electrode 164 to serve as structure supported by the auxiliary electrode 172, and to be able to obtain a desired mechanical strength, and to ensure connection between the up electrode 164 and the up electrode terminal 168 by doing in this way.

[0086] In addition, the oscillating field which faces a piezoelectric device and the piezoelectric device of the diaphragms 176 is the oscillating section which actually vibrates in an actuator 106. Moreover, as for the member contained in an actuator 106, being formed in one is desirable by being calcinated mutually. By forming an actuator 106 in one, the handling of an actuator 106 becomes easy. Furthermore, an oscillation characteristic improves by raising the intensity of a substrate 178. That is, by raising the intensity of a substrate 178, only the oscillating section of an actuator 106 vibrates and any portions other than the oscillating section do not vibrate among actuators 106. Moreover, in order for any portions other than the oscillating section of an actuator 106 not to vibrate, it can attain by making the piezoelectric device of an actuator 106 thinly and small, and making a diaphragm 176 thin to raising the intensity of a substrate 178.

[0087] It is desirable to use the lead loess piezoelectric film which does not use PZT (PZT), the PZT lanthanum (PLZT), or lead as a material of the piezo-electric layer 160, and it is desirable to use a zirconia or an alumina as a material of a substrate 178. Moreover, it is desirable to use the same material as a substrate 178 for a diaphragm 176. Metals, such as the material which has conductivity, for example, gold, silver, copper, platinum, aluminum, and nickel, can be used for the up electrode 164, the lower electrode 166, the up electrode terminal 168, and the lower electrode terminal 170.

[0088] The actuator 106 constituted as mentioned above is applicable to the container which

holds a liquid. For example, the container which held the penetrant remover for washing the ink cartridge and ink tank which are used for an ink-jet recording device, or a recording head can be equipped.

[0089] The predetermined place of a liquid container is equipped with the actuator 106 shown in drawing 20 and drawing 21 so that the liquid held in a liquid container in a cavity 162 may be contacted. When the liquid is fully held in the liquid container, the inside of a cavity 162 and its outside are filled by the liquid. On the other hand, if the liquid of a liquid container is consumed and an oil level descends below in the wearing position of an actuator, a liquid does not exist in a cavity 162, or a liquid remains only in a cavity 162, and it will be in the state where a gas exists on the outside. An actuator 106 detects the difference of an acoustic impedance as it is [ originating in change of this state, and ] few. By it, an actuator 106 can detect whether it is in the state where the liquid is fully held in the liquid container, or it is in the state where a certain liquid more than fixed was consumed. Furthermore, an actuator 106 can also detect the kind of liquid in a liquid container.

[0090] The principle of the oil-level detection by the actuator is explained here.

[0091] In order to detect change of the acoustic impedance of a medium, the impedance characteristic or admittance property of a medium is measured. A propagation circuit can be used when measuring an impedance characteristic or an admittance property. A propagation circuit impresses fixed voltage to a medium, and measures the current which changes frequency and flows to a medium. Or a propagation circuit supplies fixed current to a medium, and measures the voltage which changes frequency and is impressed to a medium. The current value or the voltage value change measured by the propagation circuit shows change of an acoustic impedance. Moreover, change of the frequency  $f_m$  from which stride serves as the minimum also shows [ current value or a voltage value ] change of an acoustic impedance very much.

[0092] Apart from the above-mentioned method, an actuator can detect change of the acoustic impedance of a liquid using change of only resonance frequency. A piezoelectric device can be used when using the method of detecting resonance frequency by measuring the counter-electromotive force produced by the residual vibration which remains in the oscillating section, as a method of using change of the acoustic impedance of a liquid after the oscillating section of an actuator vibrates. A piezoelectric device is an element which generates counter-electromotive force by the residual vibration which remains in the oscillating section of an actuator, and the size of counter-electromotive force changes with the amplitude of the oscillating section of an actuator. Therefore, detection is a plain-gauze cone, so that the amplitude of the oscillating section of an actuator is large. Moreover, the period from which the size of counter-electromotive force changes with the frequency of the residual vibration in the oscillating section of an actuator changes. Therefore, the frequency of the oscillating section of an actuator is equivalent to the frequency of counter-electromotive force. Here, resonance

frequency says the frequency in the resonance state with the medium which touches the oscillating section and the oscillating section of an actuator.

[0093] In order to obtain resonance frequency  $f_s$ , the Fourier transform of the wave acquired by counter-electromotive force measurement in case the oscillating section and a medium are the resonance state is carried out. Since vibration of an actuator is accompanied by various deformation, such as not deformation of only \*\* but a deflection, extension, etc., on the other hand, it has various frequency including resonance frequency  $f_s$ . Therefore, the Fourier transform of the wave of counter-electromotive force in case a piezoelectric device and a medium are the resonance state is carried out, and resonance frequency  $f_s$  is judged by specifying the most dominant frequency component.

[0094] As for frequency  $f_m$ , the admittance of stride of a medium is frequency in case an impedance is the minimum very much. If it is resonance frequency  $f_s$ , frequency  $f_m$  will produce few errors to resonance frequency  $f_s$  by dielectric loss or a mechanical loss of a medium etc. However, as for deriving resonance frequency  $f_s$  from the frequency  $f_m$  surveyed, time and effort uses frequency  $f_m$  for resonance frequency, replacing with generally for this reason. Here, an actuator 106 can detect an acoustic impedance at least in inputting the output of an actuator 106 into a propagation circuit.

[0095] It is proved to be the method of measuring resonance frequency  $f_s$  by experiment by measuring the method of measuring the impedance characteristic or admittance property of a medium, and measuring frequency  $f_m$ , and the counter-electromotive force produced by residual vibration vibration in the oscillating section of an actuator that there is almost no difference in the resonance frequency which is alike and is therefore specified.

[0096] The oscillating field of an actuator 106 is a portion which constitutes the cavity 162 determined by opening 161 among diaphragms 176. When the liquid is fully held in the liquid container, in a cavity 162, a liquid is filled and an oscillating field contacts the liquid in a liquid container. On the other hand, when there is no enough liquid into a liquid container, an oscillating field does not contact a liquid in contact with the liquid which remained in the cavity in a liquid container, but contacts a gas or a vacuum.

[0097] A cavity 162 is formed in the actuator 106 of this invention, and it can design so that the liquid in a liquid container may remain in the oscillating field of an actuator 106 by it. The reason is as follows.

[0098] Although there is an oil level of the liquid in a liquid container depending on the installation position and the degree of setting angle to a liquid container of an actuator more below than the wearing position of an actuator, a liquid may adhere to the oscillating field of an actuator. When the actuator has detected the existence of a liquid only by the existence of the liquid in an oscillating field, the liquid adhering to the oscillating field of an actuator bars exact detection of the existence of a liquid. for example, the time of the state where there is an oil level more below than the wearing position of an actuator -- both-way movement of carriage etc.



-- a liquid container -- rocking -- a liquid -- a wave -- inside, if a drop adheres to an oscillating field, an actuator will make a judgment which if liquids of enough are in a liquid container mistook Then, the malfunction of an actuator can be prevented, though a liquid container rocks and an oil level is choppy by preparing positively the cavity designed so that the existence of a liquid might be detected correctly, even if it is the case where a liquid is remained conversely there. Thus, a malfunction can be prevented by using the actuator which has a cavity.

[0099] Moreover, as shown in drawing 21 (E), there is no liquid into a liquid container and let the case where the liquid in a liquid container remains in the cavity 162 of an actuator 106 be the threshold of the existence of a liquid. That is, there is no liquid around a cavity 162 and it judges that he has no ink when there are few liquids in a cavity than this threshold, a liquid is around a cavity 162, and when there are more liquids than this threshold, it is judged as those with ink. For example, when the side attachment wall of a liquid container is equipped with an actuator 106, the case where the liquid in a liquid container is below the wearing position of an actuator is judged to have no ink, and the case where the liquid in a liquid container is above the wearing position of an actuator is judged to be those with ink. Thus, even if it is a time of the ink in a cavity drying and ink being lost by setting up a threshold, it judges that he has no ink, and since a threshold is not exceeded even if ink adheres to a cavity again in the shake of carriage etc. at the place whose ink in a cavity was lost, it can be judged that he has no ink.

[0100] Here, operation and the principle which detect the state of the liquid in a liquid container from the resonance frequency of the medium and the oscillating section of an actuator 106 by measurement of counter-electromotive force are explained, referring to drawing 20 and drawing 21. In an actuator 106, voltage is impressed to the up electrode 164 and the lower electrode 166 through the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170, respectively. Electric field arise into the portion pinched by the up electrode 164 and the lower electrode 166 among the piezo-electric layers 160. The piezo-electric layer 160 deforms by the electric field. When the piezo-electric layer 160 deforms, the oscillating field of the diaphragms 176 oscillates flexurally. After the piezo-electric layer 160 deforms, flexural oscillation remains in the oscillating section of an actuator 106 for the time being.

[0101] Residual vibration is free oscillation with the oscillating section of an actuator 106, and a medium. Therefore, by making into pulse shape or a square wave voltage impressed to the piezo-electric layer 160, after impressing voltage, the resonance state of the oscillating section and a medium can be acquired easily. Residual vibration also deforms the piezo-electric layer 160 in order to vibrate the oscillating section of an actuator 106. Therefore, the piezo-electric layer 160 generates counter-electromotive force. The counter-electromotive force is detected through the up electrode 164, the lower electrode 166, the up electrode terminal 168, and the lower electrode terminal 170. Since resonance frequency can be specified, the state of the liquid in a liquid container is detectable with the detected counter-electromotive force.

[0102] Generally, it is resonance frequency  $f_s$ .  $f_s = 1/(2 \cdot \pi \cdot (M \cdot C_{act})^{1/2})$  (formula 1)

It is come out and expressed. Here,  $M$  is the sum of the inertance  $M_{act}$  of the oscillating section, and addition inertance  $M'$ .  $C_{act}$  is the compliance of the oscillating section.

[0103] Drawing 20 (C) is the cross section of the actuator 106 when ink does not remain in a cavity in this example. Drawing 21 (A) and drawing 21 (B) are the oscillating section of the actuator 106 when ink does not remain in a cavity, and the equal circuit of a cavity 162.

[0104]  $M_{act}$  should \*\* the product of the thickness of the oscillating section, and the density of the oscillating section in the area of the oscillating section, and should show it further to a detail at drawing 21 (A).  $M_{act} = M_{pzt} + M_{electrode1} + M_{electrode2} + M_{vib}$  (formula 2)

It is expressed. Here,  $M_{pzt}$  \*\* the product of the thickness of the piezo-electric layer 160 and the density of the piezo-electric layer 160 in the oscillating section in the area of the piezo-electric layer 160.  $M_{electrode1}$  \*\* the product of the thickness of the up electrode 164 and the density of the up electrode 164 in the oscillating section in the area of the up electrode 164.  $M_{electrode2}$  \*\* the product of the thickness of the lower electrode 166 and the density of the lower electrode 166 in the oscillating section in the area of the lower electrode 166.  $M_{vib}$  \*\* the product of the thickness of a diaphragm 176 and the density of a diaphragm 176 in the oscillating section in the area of the oscillating field of a diaphragm 176. However, in this example, although each area of the oscillating field of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176 has the above size relations, a minute thing is desirable [ the difference of a mutual area ], so that  $M_{act}$  can be computed from the thickness, density, and area as the whole oscillating section. Moreover, as for portions other than the circular portion which are those principal parts, in this example, it is desirable in the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 that it is so minute that it can ignore to the principal part. Therefore, in an actuator 106,  $M_{act}$  is the sum of each inertance of the oscillating field of the up electrode 164, the lower electrode 166, the piezo-electric layer 160, and the diaphragms 176. Moreover, compliance  $C_{act}$  is the compliance of the portion formed of the oscillating field of the up electrode 164, the lower electrode 166, the piezo-electric layer 160, and the diaphragms 176.

[0105] In addition, although drawing 21 (A), drawing 21 (B), drawing 21 (D), and drawing 21 (F) show the oscillating section of an actuator 106, and the equal circuit of a cavity 162, in these equal circuits,  $C_{act}$  shows the compliance of the oscillating section of an actuator 106.  $C_{pzt}$ ,  $C_{electrode1}$  and  $C_{electrode2}$ , and  $C_{vib}$  show the compliance of the piezo-electric layer 160 in the oscillating section, the up electrode 164, the lower electrode 166, and a diaphragm 176, respectively.  $C_{act}$  is expressed with the following formulas 3.

[0106]

$$1/C_{act} = (1/C_{pzt}) + (1/C_{electrode1}) + (1/C_{electrode2}) + (1/C_{vib}) \text{ (formula 3)}$$

From a formula 2 and a formula 3, drawing 21 (A) can also be expressed like drawing 21 (B).

[0107] Compliance  $C_{act}$  expresses the volume which can receive a medium by deformation when putting a pressure on the unit area of the oscillating section. Moreover, although

compliance  $C_{act}$  expresses the ease of carrying out of deformation, it is good.

[0108] A liquid is fully held in a liquid container and drawing 21 (C) shows the cross section of the actuator 106 in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106. A liquid is fully held in a liquid container and  $M'_{max}$  of drawing 21 (C) expresses the maximum of an addition inertance in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106.  $M'_{max}$  is [0109].

$M'_{max} = (\pi \cdot \rho / (2 \cdot k^3)) \cdot (2 \cdot (2 \cdot k \cdot a)^3 / (3 \cdot \pi)) / (\pi \cdot a^2)^2$  (formula 4)

( $a$  is [ the density of a medium and  $k$  of the radius of the oscillating section and  $\rho$  ] the wave numbers.)

[0110] It is come out and expressed. In addition, a formula 4 is materialized when the radius  $a$  of the oscillating field of an actuator 106 is circular. Addition inertance  $M'$  is an amount which shows that the mass of the oscillating section is increasing seemingly by operation of the medium near the oscillating section. As shown in a formula 4,  $M'_{max}$  changes with the radius  $a$  of the oscillating section, and the densities  $\rho$  of a medium a lot.

[0111] The wave number  $k$  is  $k = 2 \cdot \pi \cdot \text{fact} / c$ . (formula 5)

( $\text{fact}$  is the resonance frequency of the oscillating section when the liquid is not touching.)  $c$  is the speed of the sound which spreads the inside of a medium.

[0112] It is come out and expressed.

[0113] A liquid is fully held in a liquid container and drawing 21 (D) shows the oscillating section of the actuator 106 in the case of being drawing 21 (C) with which the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106, and the equal circuit of a cavity 162.

[0114] Although the liquid of a liquid container is consumed and drawing 21 (E) does not have a liquid around the oscillating field of an actuator 106, in the cavity 162 of an actuator 106, the cross section of the actuator 106 when the liquid remains is shown. A formula 4 is a formula showing the greatest inertance  $M'_{max}$  determined from the density  $\rho$  of ink etc., when the liquid is filled by the liquid container. It is [0115] when the liquid around the oscillating field of an actuator 106 becomes a gas or a vacuum on the other hand, the liquid in a liquid container having been consumed and a liquid remaining in a cavity 162.  $M' = \rho \cdot t / S$  (formula 6)

It can express.  $t$  is the thickness of the medium in connection with vibration.  $S$  is the area of the oscillating field of an actuator 106. It is  $S = \pi \cdot a^2$  when the radius  $a$  of this oscillating field is circular. Therefore, addition inertance  $M'$  follows a formula 4, when a liquid is fully held in a liquid container and the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106. On the other hand, a liquid is consumed, and a formula 6 is followed when the liquid around the oscillating field of an actuator 106 becomes a gas or a vacuum, a liquid remaining in a cavity 162.

[0116] Here, although the liquid of a liquid container is consumed and there is no liquid around the oscillating field of an actuator 106 like drawing 21 (E), addition inertance  $M'$  when the liquid remains in the cavity 162 of an actuator 106 is made into  $M'_{cav}$  for convenience, and it

distinguishes from addition inertance  $M'_{\max}$  in case the liquid is filled around the oscillating field of an actuator 106.

[0117] Although the liquid of a liquid container is consumed and drawing 21 (F) does not have a liquid around the oscillating field of an actuator 106, in the cavity 162 of an actuator 106, the oscillating section of the actuator 106 in the case of being drawing 21 (E) in which the liquid remains, and the equal circuit of a cavity 162 are shown.

[0118] Here, the parameters related to the state of a medium are the density  $\rho$  of a medium, and thickness [ of a medium ]  $t$  in a formula 6. When the liquid is fully held in the liquid container, a liquid contacts the oscillating section of an actuator 106, when the liquid is not fully held in the liquid container, a liquid remains inside a cavity or a gas or a vacuum contacts the oscillating section of an actuator 106. The surrounding liquid of an actuator 106 is consumed, if the addition inertance in the process which shifts to  $M'_{\text{cav}}$  of drawing 21 (E) from  $M'_{\max}$  of drawing 21 (C) is set to  $M'_{\text{var}}$ , since thickness  $t$  of a medium changes, addition inertance  $M'_{\text{var}}$  will change and resonance frequency  $f_s$  will also change with the hold states of the liquid in a liquid container. Therefore, the existence of the liquid in a liquid container is detectable by specifying resonance frequency  $f_s$ . As shown in drawing 21 (E), when it considers as  $t=d$  here and  $M'_{\text{cav}}$  is expressed using a formula 6, depth  $d$  of a cavity is substituted for  $t$  of a formula 6, and it is [0119].  $M'_{\text{cav}} = \rho \cdot d / S$  (formula 7)

It becomes.

[0120] Moreover, since density  $\rho$  changes with differences in composition even if a medium is a liquid with which kinds differ mutually, addition inertance  $M'$  changes and resonance frequency  $f_s$  also changes. Therefore, the kind of liquid is detectable by specifying resonance frequency  $f_s$ . In addition, when either ink or air contacts and it is not intermingled in the oscillating section of an actuator 106, the difference of  $M'$  can be detected even if it calculates by the formula 4.

[0121] Drawing 22 (A) is a graph which shows a relation with the resonance frequency  $f_s$  of the amount of the ink in an ink tank, ink, and the oscillating section. Here, ink is explained as one example of a liquid. A vertical axis shows resonance frequency  $f_s$  and a horizontal axis shows the amount of ink. When ink composition is fixed, resonance frequency  $f_s$  goes up with the fall of an ink residue.

[0122] When ink is fully held in an ink container and ink is filled around the oscillating field of an actuator 106, the maximum addition inertance  $M'_{\max}$  serves as a value expressed to a formula 4. On the other hand, ink is consumed, and when ink is not filled around the oscillating field of an actuator 106, a liquid remaining in a cavity 162, addition inertance  $M'_{\text{var}}$  is computed by the formula 6 based on thickness  $t$  of a medium.  $t$  in a formula 6 can also detect process in which ink is gradually consumed by being small in  $d$  (referring to drawing 20 (B)) of the cavity 162 of an actuator 106, namely, making a substrate 178 thin enough since it is the thickness of the medium in connection with vibration (refer to drawing 21 (C)). Here,  $t_{\text{ink}}$



considers as the thickness of the ink in connection with vibration, and  $t_{ink-max}$  is taken as  $t_{ink}$  in  $M'_{max}$ . For example, an actuator 106 is arranged almost horizontally to the oil level of ink on the base of an ink cartridge. If ink is consumed and the oil level of ink reaches below the height of  $t_{ink-max}$  from an actuator 106,  $M'_{var}$  will change with formulas 6 gradually and resonance frequency  $f_s$  will change with formulas 1 gradually. Therefore, as long as the oil level of ink is within the limits of  $t$ , an actuator 106 can detect the consumption state of ink gradually.

[0123] Moreover, according to the position of the oil level by consumption of ink,  $S$  in a formula 6 changes by making the oscillating field of an actuator 106 greatly or long, and arranging perpendicularly. Therefore, an actuator 106 can also detect process in which ink is consumed gradually. For example, an actuator 106 is mostly arranged to the oil level of ink on the side attachment wall of an ink cartridge at a perpendicular. If ink is consumed and the oil level of ink arrives at the oscillating field of an actuator 106, since addition inertance  $M'$  will decrease with the fall of water level, resonance frequency  $f_s$  increases gradually by the formula 1.

Therefore, as for an actuator 106, the oil level of ink can detect the consumption state of ink gradually, as long as it is within the limits of path 2a (refer to drawing 21 (C)) of a cavity 162.

[0124] The curve X of drawing 22 (A) expresses the relation with the resonance frequency  $f_s$  of the amount of the ink held in the ink tank the case where the cavity 162 of an actuator 106 is made shallow enough, and at the time of making the oscillating field of an actuator 106 greatly enough or long, ink, and the oscillating section. While the amount of the ink in an ink tank decreases, he can understand signs that the resonance frequency  $f_s$  of ink and the oscillating section changes gradually.

[0125] The case where process in which ink is consumed gradually is detectable in a detail is a case where both the liquids and gases from which density differs mutually exist, and it is concerned with vibration, in the circumference of the oscillating field of an actuator 106 more. While liquids decrease in number, a gas increases the medium on the circumference of an oscillating field of an actuator 106, and in connection with vibration, as ink is consumed gradually. For example, it is the case where an actuator 106 is horizontally arranged to the oil level of ink, and when  $t_{ink}$  is smaller than  $t_{ink-max}$ , the medium in connection with vibration of an actuator 106 contains both ink and a gas. Therefore, it is [0126] when the state where it became below  $M'_{max}$  of a formula 4 when it was the area  $S$  of the oscillating field of an actuator 106 is expressed with the additional mass of ink and a gas.

$M' = M'_{air} + M'_{ink} = \rho_{air} \cdot t_{air} / S + \rho_{ink} \cdot t_{ink} / S$  (formula 8)

It becomes. Here,  $M'_{air}$  is the inertance of air and  $M'_{ink}$  is the inertance of ink.  $\rho_{air}$  is the density of air and  $\rho_{ink}$  is the density of ink.  $t_{air}$  is the thickness of the air in connection with vibration, and  $t_{ink}$  is the thickness of the ink in connection with vibration. When the actuator 106 is arranged almost horizontally to the oil level of ink as liquids decrease in number among the media in connection with the vibration in the circumference of an oscillating field of an

actuator 106 and a gas increases,  $t_{air}$  increases and  $t_{ink}$  decreases. By it,  $M'_{var}$  decreases gradually and resonance frequency increases gradually. Therefore, the amount of the ink which remains in an ink tank, or the consumption of ink is detectable. In addition, in a formula 7, it is the formula of only the density of a liquid because the case of being so small that the density of air being disregarded is assumed to the density of a liquid.

[0127] When the actuator 106 is mostly arranged by the perpendicular to the oil level of ink, the medium in connection with the field of only ink and vibration of an actuator 106 in the medium in connection with vibration of an actuator 106 is considered to be a parallel equal circuit (not shown) with a gaseous field among the oscillating fields of an actuator 106. It is [0128], when the medium in connection with vibration of an actuator 106 sets area of the field of only ink to  $S_{ink}$  and the medium in connection with vibration of an actuator 106 sets area of a gaseous field to  $S_{air}$ .

$$1/M' = 1/M'_{air} + 1/M'_{ink} = S_{air}/(\rho_{air} \cdot t_{air}) + S_{ink}/(\rho_{ink} \cdot t_{ink}) \text{ (formula 9)}$$

It becomes.

[0129] In addition, a formula 9 is applied when ink is not held at the cavity of an actuator 106. About the case where ink is held at the cavity of an actuator 106, it is calculable with a formula 7, a formula 8, and a formula 9.

[0130] On the other hand, the oil level of ink will detect an upper position or a lower position from the wearing position of an actuator rather than a substrate 178 is thick, namely, depth  $d$  of a cavity 162 is deep, and it detects process in which ink decreases in number gradually in practice, when  $d$  uses an actuator with a very small oscillating field as compared with the case of being comparatively close to thickness  $t_{ink-max}$  of a medium, and the height of a liquid container. When it puts in another way, the existence of the ink in the oscillating field of an actuator will be detected. For example, the curve Y of drawing 22 (A) shows a relation with the resonance frequency  $f_s$  of the amount of the ink in the ink tank in the case of a small circular oscillating field, ink, and the oscillating section. Between the amounts  $Q$  of ink before and after the oil level of the ink in an ink tank passes through the wearing position of an actuator, signs that the resonance frequency  $f_s$  of ink and the oscillating section is changing violently are shown. From this, it is detectable in an ink tank whether ink is carrying out specified quantity survival.

[0131] Drawing 22 (B) shows a relation with the resonance frequency  $f_s$  of the density of the ink in the curve Y of drawing 22 (A), ink, and the oscillating section. Ink is mentioned as an example of a liquid. Since an addition inertance will become large if ink density becomes high as shown in drawing 22 (B), resonance frequency  $f_s$  falls. That is, resonance frequency  $f_s$  changes with kinds of ink. Therefore, in case it is re-filled up with ink by measuring resonance frequency  $f_s$ , it can check whether the ink in which densities differed is mixed.

[0132] That is, the ink tank which holds the ink in which kinds differ mutually is discriminable.

[0133] Then, even if the liquid in a liquid container is sky condition, the conditions which can

detect correctly the state of a liquid when setting up the size and the configuration of a cavity so that a liquid may remain in the cavity 162 of an actuator 106 are explained in full detail. If the state of a liquid can be detected when the liquid is filled in the cavity 162, an actuator 106 can detect the state of a liquid, even if it is the case where the liquid is not filled in the cavity 162.

[0134] Resonance frequency  $f_s$  is a function of Inertance  $M$ . Inertance  $M$  is the sum of the inertance  $M_{act}$  of the oscillating section, and addition inertance  $M'$ . Here, addition inertance  $M'$  is related to the state of a liquid. Addition inertance  $M'$  is an amount which shows that the mass of the oscillating section is increasing seemingly by operation of the medium near the oscillating section. That is, the increment of the mass of the oscillating section by absorbing a medium seemingly by vibration of the oscillating section is said.

[0135] Therefore, when  $M'_{cav}$  is larger than  $M'_{max}$  in a formula 4, all the media absorbed seemingly are liquids which remain in a cavity 162. Therefore, it is the same as the state where the liquid is filled in the liquid container. In this case, since  $M'$  does not change, resonance frequency  $f_s$  does not change, either. Therefore, an actuator 106 can detect the state of the liquid in a liquid container.

[0136] On the other hand, when  $M'_{cav}$  is smaller than  $M'_{max}$  in a formula 4, the medium absorbed seemingly is the liquid which remains in a cavity 162 and a gas in a liquid container, or a vacuum. Since  $M'$  changes unlike the state where the liquid is filled in the liquid container at this time, resonance frequency  $f_s$  changes. Therefore, an actuator 106 can detect the state of the liquid in a liquid container.

[0137] That is, the liquid in a liquid container is sky condition, and when a liquid remains in the cavity 162 of an actuator 106, the conditions on which an actuator 106 can detect the state of a liquid correctly are that  $M'_{cav}$  is smaller than  $M'_{max}$ . In addition, condition  $M'_{max} > M'_{cav}$  to which an actuator 106 can detect the state of a liquid correctly is not concerned with the configuration of a cavity 162.

[0138] Here,  $M'_{cav}$  is the capacity of a cavity 162, and the mass of the liquid of an almost equal capacity. Therefore, an actuator 106 can express the conditions which can detect the state of a liquid correctly as conditions for the capacity of a cavity 162 from the inequality of  $M'_{max} > M'_{cav}$ . For example, it is [0139], when the radius of the opening 161 of the cavity 162 of a circle configuration is set to  $a$  and the depth of a cavity 162 is set to  $d$ .

$M'_{max} > \rho \cdot d / \pi a^2$  (formula 10)

It comes out. It is [0140] when a formula 10 is developed.  $a/d > 3 \cdot \pi / 8$  (formula 11)

The conditions to say are searched for. In addition, when the configuration of a cavity 162 is circular, a formula 10 and a formula 11 are restricted and are materialized. If  $\pi a^2$  in a formula 10 is calculated by replacing it with the area using the formula of  $M'_{max}$  when not being circular, the relation between dimensions, such as width of face of a cavity and length, and the depth can be drawn.

[0141] Therefore, if it is the actuator 106 which has the cavity 162 which are the radius  $a$  of the

opening 161 which fills a formula 11, and depth [ of a cavity 162 ] d, even if the liquid in a liquid container is sky condition and it is the case where a liquid remains in a cavity 162, the state of a liquid can be detected, without incorrect-operating.

[0142] It can be said that the method of measuring the counter-electromotive force generated in an actuator 106 by residual vibration has detected change of an acoustic impedance at least since addition inertance M' also influences an acoustic-impedance property.

[0143] Moreover, according to this example, the counter-electromotive force which an actuator 106 generates vibration and generates in an actuator 106 by subsequent residual vibration is measured. However, it is not necessarily required for the oscillating section of an actuator 106 to give vibration to a liquid by its vibration by driver voltage. That is, even if the oscillating section does not oscillate itself, the piezo-electric layer 160 bends and deforms by vibrating with the liquid of a certain range in contact with it. This residual vibration makes the piezo-electric layer 160 generate counter-electromotive-force voltage, and transmits the counter-electromotive-force voltage to the up electrode 164 and the lower electrode 166. You may detect the state of a medium by using this phenomenon. For example, it may set to an ink-jet recording device, and the state of an ink tank or the ink of the interior may be detected using vibration around the oscillating section of the actuator generated by vibration by reciprocating movement of the carriage by the scan of the print head at the time of printing.

[0144] Drawing 23 (A) And drawing 23 (B) shows the wave of the residual vibration of an actuator 106 after vibrating an actuator 106, and the measuring method of residual vibration. the ink in the wearing position level of the actuator 106 in an ink cartridge -- the upper and lower sides of water level are detectable with frequency change of the residual vibration after an actuator 106 oscillates, and change of an amplitude Drawing 23 (A) And in drawing 23 (B), a vertical axis shows the voltage of the counter-electromotive force generated by the residual vibration of an actuator 106, and a horizontal axis shows time. By the residual vibration of an actuator 106, it is drawing 23 (A). And as shown in drawing 23 (B), the wave of the analog signal of voltage occurs. Next, an analog signal is changed into the number value corresponding to the frequency of a signal.

[0145] In the example shown in drawing 23 (A) and drawing 23 (B), the existence of ink is detected by measuring the time when four pulses to 8 pulse eye arise from 4 pulse eye of an analog signal.

[0146] More, in a detail, after an actuator 106 oscillates, the number of times which crosses the predetermined reference voltage set up beforehand from a low-battery side to a high-voltage side is counted. The between from four counts to eight counts is set to High for a digital signal, and the time from four counts to eight counts is measured by the predetermined clock pulse.

[0147] Drawing 23 (A) is a wave in case an ink oil level is in a high order rather than the wearing position level of an actuator 106. On the other hand, drawing 23 (B) is a wave in case there is no ink in the wearing position level of an actuator 106. When drawing 23 (A) is



compared with drawing 23 (B), in drawing 23 (A), a \*\*\*\*\* understands the time from four counts to eight counts from drawing 23 (B). A paraphrase changes the time from four counts to eight counts by the existence of ink. The consumption state of ink is detectable using a difference of this time. After vibration of an actuator 106 is stabilized, it counts for beginning measurement from 4 count eye of an analog wave. What it was presupposed that it is from 4 count eye is a mere example, and may count from arbitrary counts. Here, the signal from 4 count eye to 8 count eye is detected, and the time from 4 count eye to 8 count eye is measured by the predetermined clock pulse. It asks for resonance frequency by it. As for a clock pulse, it is desirable that it is the pulse of a clock equal to the clock for controlling the semiconductor memory attached in an ink cartridge. In addition, there is no need of measuring the time to 8 count eye, and it may be counted to arbitrary counts. In drawing 23, although the time from 4 count eye to 8 count eye is measured, according to the circuitry which detects frequency, you may detect the time in a different count interval.

[0148] For example, when change of the amplitude of a peak is small, in order the quality of ink is stable, and to gather the speed of detection, you may ask for resonance frequency by detecting the time from 4 count eye to 6 count eye. Moreover, the quality of ink is unstable, and when change of a pulse amplitude is large, in order to detect residual vibration correctly, you may detect the time from 4 count eye to 12 count eye.

[0149] Moreover, you may count the wave number of the voltage waveform of the counter-electromotive force within a predetermined period as other examples (not shown). It can ask for resonance frequency also by this method. More, in a detail, after an actuator 106 oscillates, only a predetermined period sets a digital signal to High, and the number of times which crosses predetermined reference voltage from a low-battery side to a high-voltage side is counted. The existence of ink is detectable by measuring the number of counts.

[0150] Furthermore, counter-electromotive-force wave amplitudes differ by the case where there are not a case where ink is filled in the ink cartridge, and ink into an ink cartridge so that drawing 23 (A) and drawing 23 (B) may be compared and understood. Therefore, you may detect the consumption state of the ink in an ink cartridge also by measuring a counter-electromotive-force wave amplitude, without asking for resonance frequency. It is the peak and drawing 23 (B) of a counter-electromotive-force wave of drawing 23 (A) more in detail. Reference voltage is set up between the peaks of a counter-electromotive-force wave. When a digital signal is set to High at a predetermined time and a counter-electromotive-force wave crosses reference voltage after the actuator 106 oscillated, it is judged that there is no ink. When a counter-electromotive-force wave does not cross reference voltage, it is judged that there is ink.

[0151] Drawing 24 shows the manufacture method of an actuator 106. Two or more actuators 106 (the example of drawing 24 four pieces) are formed in one. The actuator 106 shown in drawing 25 is manufactured by cutting the one moldings of two or more actuators shown in

drawing 24 in each actuator 106. When each piezoelectric device of two or more really shown [ in drawing 24 ] fabricated actuators 106 is circular, the actuator 106 shown in drawing 20 can be manufactured by really cutting a moldings in each actuator 106. By forming two or more actuators 106 in one, two or more actuators 106 can be manufactured efficiently simultaneously, and the handling at the time of conveyance becomes easy.

[0152] an actuator 106 -- sheet metal or a diaphragm 176, a substrate 178, an elastic-wave generating means or a piezoelectric device 174, and terminal formation -- a member or the up electrode terminal 168, and terminal formation -- it has a member or the lower electrode terminal 170 A piezoelectric device 174 contains a piezo-electric diaphragm or the piezo-electric layer 160, an upper electrode or the up electrode 164 and a lower electrode, or the lower electrode 166. A diaphragm 176 is formed in the upper surface of a substrate 178, and the lower electrode 166 is formed in the upper surface of a diaphragm 176. The piezo-electric layer 160 is formed in the upper surface of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the upper surface of the piezo-electric layer 160. Therefore, of the principal part of the up electrode 164, and the principal part of the lower electrode 166, the principal part of the piezo-electric layer 160 is formed so that it may be inserted from the upper and lower sides.

[0153] The piezoelectric device 174 of plurality (the example of drawing 24 four pieces) is formed on the diaphragm 176. The lower electrode 166 is formed in the front face of a diaphragm 176, the piezo-electric layer 160 is formed in the front face of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the upper surface of the piezo-electric layer 160. The up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed in the edge of the up electrode 164 and the lower electrode 166. Four actuators 106 are cut separately, respectively and are used individually.

[0154] As for drawing 25 , a piezoelectric device shows some cross sections of the rectangular actuator 106.

[0155] Drawing 26 shows the cross section of the whole actuator 106 shown in drawing 25 . Breakthrough 178a is formed in the piezoelectric device 174 of a substrate 178, and the field which counters. Breakthrough 178a is closed by the diaphragm 176. A diaphragm 176 is equipped with electric insulation, such as an alumina and an oxidization zirconia, and is formed of the material in which elastic deformation is possible. The piezoelectric device 174 is formed on the diaphragm 176 so that it may counter with breakthrough 178a. The lower electrode 166 is formed in the front face of a diaphragm 176 so that it may be prolonged from the field of breakthrough 178a to the left in \*\* and drawing 26 on the other hand. The up electrode 164 is formed in the front face of the piezo-electric layer 160 so that it may be prolonged in the method of the right in drawing 26 in the direction opposite to a lower electrode from the field of breakthrough 178a. The up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed in the upper surface of an auxiliary electrode 172 and the lower electrode 166, respectively. The lower electrode terminal 170 contacts the lower electrode 166

electrically, and the up electrode terminal 168 contacts the up electrode 164 electrically through an auxiliary electrode 172, and it delivers the signal between a piezoelectric device and the exterior of an actuator 106. The up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 have the height more than the height of the piezoelectric device which doubled the electrode and the piezo-electric layer.

[0156] Drawing 27 shows the manufacture method of the actuator 106 shown in drawing 24. First, a press or laser processing is used for a green sheet 940, and breakthrough 940a is punched. A green sheet 940 serves as a substrate 178 after baking. A green sheet 940 is formed with material, such as a ceramic. Next, the laminating of the green sheet 941 is carried out to the front face of a green sheet 940. A green sheet 941 serves as a diaphragm 176 after baking. A green sheet 941 is formed with material, such as an oxidization zirconia. Next, a conductive layer 942, the piezo-electric layer 160, and a conductive layer 944 are formed in the front face of a green sheet 941 one by one by methods, such as pressure-membrane printing. A conductive layer 942 serves as the lower electrode 166 behind, and a conductive layer 944 serves as the up electrode 164 behind. Next, the formed green sheet 940, a green sheet 941, a conductive layer 942, the piezo-electric layer 160, and a conductive layer 944 are dried and calcinated. a spacer -- members 947 and 948 carry out bottom raising of the height of the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170, and make it higher than a piezoelectric device a spacer -- members 947 and 948 carry out the laminating of printing or the green sheet, and form green sheets 940 and 941 and this material this spacer -- since there is little material of the up electrode terminal 168 which is noble metals, and the lower electrode terminal 170, and it ends upwards by the member 947,948 and thickness of the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 can be made thin, the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 can be printed with a sufficient precision, and it can consider as the height stabilized further

[0157] the time of formation of a conductive layer 942 -- connection 944' with a conductive layer 944, and a spacer -- if members 947 and 948 are formed simultaneously, the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 can be formed easily, or it can fix firmly. Finally, the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed in the edge field of a conductive layer 942 and a conductive layer 944. In case the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 are formed, the up electrode terminal 168 and the lower electrode terminal 170 form so that it may connect with the piezo-electric layer 160 electrically.

[0158] Drawing 28 shows the operation gestalt of further others of the ink cartridge to which this invention is applied. Drawing 28 (A) is the cross section of the pars basilaris ossis occipitalis of the ink cartridge by this operation gestalt. The ink cartridge of this operation gestalt has breakthrough 1c in base 1a of a container 1 which holds ink. The pars basilaris ossis occipitalis of breakthrough 1c is closed by the actuator 650, and forms an ink reservoir.

[0159] Drawing 28 (B) shows the actuator 650 shown in drawing 28 (A), and the detailed cross section of breakthrough 1c. Drawing 28 (C) shows the flat surface of the actuator 650 shown in drawing 28 (B), and breakthrough 1c. An actuator 650 has the piezoelectric device 73 fixed to the diaphragm 72 and the diaphragm 72. An actuator 650 is fixed to the base of a container 1 so that a piezoelectric device 73 may counter breakthrough 1c through a diaphragm 72 and a substrate 71. Elastic deformation is possible for a diaphragm 72, and it is equipped with ink-proof nature.

[0160] Depending on the amount of ink of a container 1, the amplitude and frequency of counter-electromotive force which are generated by the residual vibration of a piezoelectric device 73 and a diaphragm 72 change. Breakthrough 1c is formed in the position which counters an actuator 650, and the ink of the minimum constant rate is secured to breakthrough 1c. Therefore, the ink end of a container 1 is certainly detectable by measuring beforehand the property of vibration of the actuator 650 decided by the amount of ink secured to breakthrough 1c.

[0161] Drawing 29 shows other operation gestalten of breakthrough 1c. In each of drawing 29 (A), (B), and (C), the state where the chart on the left does not have Ink K in breakthrough 1c is shown, and right-hand side drawing shows the state where Ink K remained in breakthrough 1c. In the operation gestalt of drawing 28, the side of breakthrough 1c is formed as a perpendicular wall. In drawing 29 (A), 1d of sides of breakthrough 1c is slanting in the vertical direction, and it is expanded and opened outside. In drawing 29 (B), the level difference sections 1e and 1f are formed in the side of breakthrough 1c. 1f of level difference sections which are up is larger than level difference section 1e which exists caudad. In drawing 29 (C), breakthrough 1c has 1g of slots prolonged in the direction of the ink feed hopper 2 which is easy to discharge Ink K, i.e., the direction.

[0162] Drawing 29 (A) According to the configuration of breakthrough 1c shown in (C), the amount of the ink K of an ink reservoir can be lessened. Therefore, since the oscillation characteristic of the ink and the actuator 650 at the time since M'cav explained by drawing 20 and drawing 21 can be made small as compared with M'max can be greatly changed with the case where the ink K of the amount which can be printed in a container 1 remains, an ink end can be detected more certainly.

[0163] Drawing 30 is the perspective diagram showing other operation gestalten of an actuator. An actuator 660 has packing 76 outside breakthrough 1c of the substrate which constitutes an actuator 660, or the attachment plate 78. the periphery of an actuator 660 -- caulking -- the hole 77 is formed an actuator 660 -- caulking -- it is fixed to a container 1 with caulking through a hole 77

[0164] Drawing 31 (A) and (B) are the perspective diagrams showing the operation gestalt of further others of an actuator. An actuator 670 is equipped with the crevice formation substrate 80 and a piezoelectric device 82 in this operation gestalt. A crevice 81 is formed in one field of



the crevice formation substrate 80 of technique, such as etching, and a piezoelectric device 82 is attached in the field of another side. The pars basilaris ossis occipitalis of a crevice 81 acts as an oscillating field among the crevice formation substrates 80. Therefore, the oscillating field of an actuator 670 is specified by the periphery of a crevice 81. Moreover, an actuator 670 is similar with the structure where the substrate 178 and the diaphragm 176 were formed as one among the actuators 106 by the example of drawing 20. Therefore, in case an ink cartridge is manufactured, a manufacturing process can be shortened, and cost is reduced. An actuator 670 is size in which embedding is possible to breakthrough 1c prepared in the container 1. By it, a crevice 81 can act also as a cavity. In addition, like the actuator 670 by the example of drawing 31, you may form the actuator 106 by the example of drawing 20 in breakthrough 1c so that embedding may be possible.

[0165] Drawing 32 is the perspective diagram showing the composition which attached the actuator 106 and was really formed as a module object 100. The predetermined part of the container 1 of an ink cartridge is equipped with the module object 100. By [ in ink liquid ] detecting change of an acoustic impedance at least, the module object 100 is constituted so that the consumption state of the liquid in a container 1 may be detected. The module object 100 of this operation gestalt has the liquid-container attachment section 101 for attaching an actuator 106 in a container 1. The liquid-container attachment section 101 has structure with which the flat surface carried the pillar section 116 which held the actuator 106 oscillated by the driving signal on the rectangular pedestal 102 mostly. Since it is constituted so that the actuator 106 of the module object 100 cannot contact from the outside when an ink cartridge is equipped with the module object 100, an actuator 106 can be protected from external contact. In addition, the radius of circle is attached, and in case the hole formed in the ink cartridge is equipped, it is easy to insert in the nose-of-cam side edge of the pillar section 116.

[0166] Drawing 33 is the exploded view showing the composition of the module object 100 shown in drawing 32. The module object 100 contains the liquid-container attachment section 101 which consists of a resin, and the piezo-electric equipment wearing section 105 which has a plate 110 and a crevice 113. Furthermore, the module object 100 has reed wires 104a and 104b, an actuator 106, and a film 108. Preferably, a plate 110 is formed from the material which cannot rust [ stainless alloy / stainless steel or ] easily. Opening 114 is formed in a core so that the pillar section 116 and the pedestal 102 which are contained in the liquid-container attachment section 101 can hold reed wires 104a and 104b, and a crevice 113 is formed so that an actuator 106, a film 108, and a plate 110 can be held. An actuator 106 is joined to a plate 110 through a film 108, and a plate 110 and an actuator 106 are fixed to the liquid-container attachment section 101. Therefore, reed wires 104a and 104b, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 are attached in the liquid-container attachment section 101 as one. Reed wires 104a and 104b combine with the up electrode of an actuator 106, and a lower electrode, respectively, transmit a driving signal to a piezo-electric layer, and, on the other hand, transmit the signal of

the resonance frequency which the actuator 106 detected to a recording device etc. An actuator 106 is temporarily oscillated based on the driving signal transmitted from reed wires 104a and 104b. Residual vibration of the actuator 106 is carried out after an oscillation, and it generates counter-electromotive force by the vibration. At this time, the resonance frequency corresponding to the consumption state of the liquid in a liquid container is detectable by detecting the oscillation period of a counter-electromotive-force wave. a film 108 -- an actuator 106 and a plate 110 -- pasting up -- an actuator -- liquid -- it is made dense As for a film 108, it is desirable to form by the polyolefine etc. and to paste up by heat weld.

[0167] A plate 110 is a circle configuration and the opening 114 of a pedestal 102 is formed in the shape of a cylinder. The actuator 106 and the film 108 are formed in the shape of a rectangle. A reed wire 104, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 are good also as removable to a pedestal 102. A pedestal 102, the reed wire 104, the actuator 106, the film 108, and the plate 110 are symmetrically arranged to the medial axis of the module object 100. Furthermore, the center of a pedestal 102, an actuator 106, a film 108, and a plate 110 is arranged on the simultaneously medial axis of the module object 100.

[0168] The area of the opening 114 of a pedestal 102 is formed more greatly than the area of the oscillating field of an actuator 106. The breakthrough 112 is formed in the position which faces the oscillating section of an actuator 106 at the center of a plate 110. As shown in drawing 20 and drawing 21, a cavity 162 is formed in an actuator 106, and both a breakthrough 112 and the cavity 162 form an ink reservoir. The thickness of a plate 110 has a small desirable thing compared with the path of a breakthrough 112, in order to lessen influence of remains ink. For example, as for the depth of a breakthrough 112, it is desirable that it is  $1/3$  or less size of the path. A breakthrough 112 is the configuration of a symmetrical simultaneously perfect circle to the medial axis of the module object 100. Moreover, the area of a breakthrough 112 is larger than the effective-area product of the cavity 162 of an actuator 106. The periphery of the cross section of a breakthrough 112 may be a taper configuration, and a step configuration is sufficient as it. The flank of a container 1, the upper part, or a bottom is equipped with the module object 100 so that a breakthrough 112 may turn to the inside of a container 1. if ink is consumed and the ink of the actuator 106 circumference is lost, since the resonance frequency of an actuator 106 will change a lot -- the water level of ink -- change is detectable

[0169] Drawing 34 is the perspective diagram showing other operation forms of a module object. As for the module object 400 of this operation form, the piezo-electric equipment wearing section 405 is formed in the liquid-container attachment section 401. As for the liquid-container attachment section 401, the pillar-like pillar section 403 is mostly formed for the flat surface on the pedestal 402 on Kakumaru's square. Furthermore, the piezo-electric equipment wearing section 405 includes the tabular element 406 and crevice 413 which were stood on the pillar section 403. An actuator 106 is arranged in the crevice 413 established in the side of the tabular element 406. In addition, the nose of cam of the tabular element 406 is beveled by the

predetermined angle, and in case the hole formed in the ink cartridge is equipped, it is easy to insert it in.

[0170] Drawing 35 is the decomposition perspective diagram showing the composition of the module object 400 shown in drawing 34. The module object 400 as well as the module object 100 shown in drawing 32 contains the liquid-container attachment section 401 and the piezo-electric equipment applied part 405. The liquid-container attachment section 401 has a pedestal 402 and the pillar section 403, and the piezo-electric equipment applied part 405 has the tabular element 406 and a crevice 413. It is joined to a plate 410 and an actuator 106 is fixed to a crevice 413. The module object 400 has further reed wires 404a and 404b, an actuator 106, and a film 408.

[0171] According to this operation form, a plate 410 is a rectangle-like and the opening 414 prepared in the tabular element 406 is formed in the shape of a rectangle. You may constitute reed wires 404a and 404b, an actuator 106, a film 408, and a plate 410 as removable to a pedestal 402. An actuator 106, a film 408, and a plate 410 pass along the center of opening 414, and are symmetrically arranged to the medial axis prolonged in the perpendicular direction to the flat surface of opening 414. Furthermore, the center of an actuator 106, a film 408, and a plate 410 is arranged on the simultaneously medial axis of opening 414.

[0172] The area of the breakthrough 412 prepared in the center of a plate 410 is formed more greatly than the area of opening of the cavity 162 of an actuator 106. Both the cavities 162 and breakthroughs 412 of an actuator 106 form an ink reservoir. The thickness of a plate 410 is small compared with the path of a breakthrough 412, for example, it is desirable to set it as  $1/3$  or less size of the path of a breakthrough 412. A breakthrough 412 is the configuration of a symmetrical simultaneously perfect circle to the medial axis of the module object 400. The periphery of the cross section of a breakthrough 412 may be a taper configuration, and a step configuration is sufficient as it. The bottom of a container 1 can be equipped with the module object 400 so that a breakthrough 412 may be arranged inside a container 1. Since it is arranged in a container 1 so that an actuator 106 may be prolonged perpendicularly, a setup at the time of an ink end is easily changeable by changing the height which changes the height of a pedestal 402 and by which an actuator 106 is arranged in a container 1.

[0173] Drawing 36 shows the operation gestalt of further others of a module object. The module object 500 of drawing 36 as well as the module object 100 shown in drawing 32 contains the liquid-container attachment section 501 which has a pedestal 502 and the pillar section 503. Moreover, the module object 500 has further reed wires 504a and 504b, an actuator 106, a film 508, and a plate 510. Opening 514 is formed in a core so that the pedestal 502 contained in the liquid-container attachment section 501 can hold reed wires 504a and 504b, and a crevice 513 is formed so that an actuator 106, a film 508, and a plate 510 can be held. An actuator 106 is fixed to the piezo-electric equipment applied part 505 through a plate 510. Therefore, reed wires 504a and 504b, an actuator 106, a film 508, and a plate 510 are attached in the

liquid-container attachment section 501 as one. As for the module object 500 of this operation gestalt, the pillar section 503 with the upper surface slanting in the vertical direction is mostly formed for the flat surface on the pedestal on Kakumaru's square. The actuator 106 is arranged on the crevice 513 aslant prepared in the vertical direction of the upper surface of the pillar section 503.

[0174] The nose of cam of the module object 500 inclines, and the inclined plane is equipped with the actuator 106. Therefore, if the pars basilaris ossis occipitalis or flank of a container 1 is equipped with the module object 500, an actuator 106 inclines to the vertical direction of a container 1. As for the degree of tilt angle at the nose of cam of the module object 500, it is desirable to consider as for about 30 to 60 degrees in view of detectability ability.

[0175] The pars basilaris ossis occipitalis or flank of a container 1 is equipped with the module object 500 so that an actuator 106 may be arranged in a container 1. When the flank of a container 1 is equipped with the module object 500, it is attached in a container 1, an actuator 106 inclining so that a container 1 top, bottom, or width side may be turned to. It is desirable that it is attached in a container 1 on the other hand, an actuator 106 inclining so that the ink feed-hopper side of a container 1 may be turned to when the pars basilaris ossis occipitalis of a container 1 is equipped with the module object 500.

[0176] Drawing 37 is a cross section near the pars basilaris ossis occipitalis of the ink container when equipping a container 1 with the module object 100 shown in drawing 32. It is equipped with the module object 100 so that the side attachment wall of a container 1 may be penetrated. O ring 365 is formed in the plane of composition of the side attachment wall of a container 1, and the module object 100, and \*\*\*\* of the module object 100 and a container 1 is maintained at it. It is desirable to have the pillar section which the module object 100 explained that a seal is made with an O ring by drawing 32. By the nose of cam of the module object 100 being inserted in the interior of a container 1, the ink in a container 1 contacts an actuator 106 through the breakthrough 112 of a plate 110. Since the resonance frequency of the residual vibration of an actuator 106 changes with a liquid or gases, the circumference of the oscillating section of an actuator 106 can detect the consumption state of ink using the module object 100. Moreover, a container 1 may be equipped with the module object 400 shown not only in the module object 100 but in drawing 34, the module object 500 shown in drawing 36 or the module objects 700A and 700B which were shown in drawing 38, and the mould structure 600, and the existence of ink may be detected.

[0177] Drawing 38 (A) shows the cross section of the ink container when equipping a container 1 with module object 700B. In this example, module object 700B is used as one of the attachment structures. The container 1 is equipped with module object 700B as the liquid-container attachment section 360 projects inside a container 1. A breakthrough 370 is formed in the attachment plate 350, and the oscillating section of a breakthrough 370 and an actuator 106 faces. Furthermore, a hole 382 is formed in the bottom wall of module object 700B,



and the piezo-electric equipment applied part 363 is formed. As an actuator 106 closes one side of a hole 382, it is arranged. Therefore, ink contacts a diaphragm 176 through the hole 382 of the piezo-electric equipment applied part 363, and the breakthrough 370 of the attachment plate 350. Both the hole 382 of the piezo-electric equipment applied part 363 and the breakthrough 370 of the attachment plate 350 form an ink reservoir. The piezo-electric equipment applied part 363 and the actuator 106 are being fixed by the attachment plate 350 and the film member. The sealing structure 372 is formed in the connection of the liquid-container attachment section 360 and a container 1. The sealing structure 372 may be formed of reversible material, such as synthetic resin, and may be formed by the O ring. although module object 700B of drawing 38 (A) and a container 1 are another objects -- drawing 38 (B) -- the piezo-electric equipment applied part of module object 700B may consist of some containers 1 like

[0178] Module object 700B of drawing 38 (A) becomes unnecessary [ the embedding to the module object of a reed wire shown in drawing 36 from drawing 32 ]. Therefore, a forming cycle is simplified. Furthermore, it becomes exchangeable [ module object 700B ], and becomes recyclable.

[0179] In case an ink cartridge shakes, an actuator 106 may incorrect-operate because the ink which ink adhered to the upper surface or the side of a container 1, and has hung down from the upper surface or the side of a container 1 contacts an actuator 106. However, since the liquid-container attachment section 360 has projected module object 700B inside the container 1, an actuator 106 does not incorrect-operate in the ink which has hung down from the upper surface and the side of a container 1.

[0180] Moreover, in the example of drawing 38 (A), a container 1 is equipped with some of diaphragms 176 and attachment plates 350 so that the ink in a container 1 may be contacted. In the example of drawing 38 (A), the embedding to the module object of the electrode of reed wires 104a, 104b, 404a, 404b, 504a, and 504b shown in drawing 36 from drawing 32 becomes unnecessary. Therefore, a forming cycle is simplified. Furthermore, it becomes exchangeable [ an actuator 106 ] and becomes recyclable.

[0181] Drawing 38 (B) shows the cross section of an ink container as an example when equipping a container 1 with an actuator 106. the ink cartridge by the example of drawing 38 (B) -- protection -- the member 361 is attached in the container 1 as another object in the actuator 106 therefore, protection -- although the member 361 and the actuator 106 are not united as modules -- one side -- it is -- protection -- a member 361 can be protected so that a user's hand cannot be touched at an actuator 106 The hole 380 prepared in the front face of an actuator 106 is arranged by the side attachment wall of a container 1. An actuator 106 contains the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, the lower electrode 166, a diaphragm 176, and the attachment plate 350. A diaphragm 176 is formed in the upper surface of the attachment plate 350, and the lower electrode 166 is formed in the upper surface of a diaphragm 176. The

piezo-electric layer 160 is formed in the upper surface of the lower electrode 166, and the up electrode 164 is formed in the upper surface of the piezo-electric layer 160. Therefore, the principal part of the piezo-electric layer 160 is formed so that it may be inserted by the principal part of the up electrode 164, and the principal part of the lower electrode 166 from the upper and lower sides. The circular portion which is each principal part of the piezo-electric layer 160, the up electrode 164, and the lower electrode 166 forms a piezoelectric device. A piezoelectric device is formed on a diaphragm 176. A piezoelectric device and the oscillating field of a diaphragm 176 are the oscillating sections in which an actuator actually vibrates. The breakthrough 370 is formed in the attachment plate 350. Furthermore, the hole 380 is formed in the side attachment wall of a container 1. Therefore, ink contacts a diaphragm 176 through the hole 380 of a container 1, and the breakthrough 370 of the attachment plate 350. Both the hole 380 of a container 1 and the breakthrough 370 of the attachment plate 350 form an ink reservoir. moreover -- the example of drawing 38 (B) -- an actuator 106 -- protection -- since it is protected by the member 361, an actuator 106 can be protected from contact outside

[0182] In addition, it may replace with drawing 38 (A) and the attachment plate 350 in the example of (B), and the substrate 178 of drawing 20 may be used.

[0183] Drawing 38 (C) shows an operation gestalt equipped with the mould structure 600 containing an actuator 106. In this example, the mould structure 600 is used as one of the attachment structures. The mould structure 600 has an actuator 106 and the mould section 364. An actuator 106 and the mould section 364 are fabricated by one. The mould section 364 is fabricated by reversible material, such as silicon resin. The mould section 364 has a reed wire 362 inside. The mould section 364 is formed so that it may have two legs prolonged from an actuator 106. the mould section 364 -- the mould section 364 and a container 1 -- liquid -- since it fixes densely, the edge of two legs of the mould section 364 is formed in the shape of a semi-sphere A container 1 is equipped with the mould section 364 so that an actuator 106 may project inside a container 1, and the oscillating section of an actuator 106 contacts the ink in a container 1. The up electrode 164, the piezo-electric layer 160, and the lower electrode 166 of an actuator 106 are protected from ink by the mould section 364.

[0184] Since the mould structure 600 of drawing 38 (C) has the unnecessary sealing structure 372 between the mould section 364 and a container 1, ink cannot leak from a container 1 easily. Moreover, by the mould structure 600 projecting and bending from the exterior of a container 1, since it is a form, an actuator 106 can be protected from contact outside. In case an ink cartridge shakes, an actuator 106 may incorrect-operate because the ink which ink was attached to the upper surface or the side of a container 1, and has hung down from the upper surface or the side of a container 1 contacts an actuator 106. Since the mould section 364 has projected the mould structure 600 inside the container 1, an actuator 106 does not incorrect-operate in the ink which has hung down from the upper surface and the side of a container 1.

[0185] Drawing 39 shows the operation gestalt of the ink cartridge using the actuator 106 shown in drawing 20 , and an ink-jet recording device. The ink-jet recording device which has two or more ink induction 182 and electrode holders 184 corresponding to each ink cartridge 180 is equipped with two or more ink cartridges 180. Two or more ink cartridges 180 hold the ink of a kind different, respectively, for example, a color. Each base of two or more ink cartridges 180 is equipped with the actuator 106 which is a means to detect an acoustic impedance at least. By equipping an ink cartridge 180 with an actuator 106, the ink residue in an ink cartridge 180 is detectable.

[0186] Drawing 40 shows the detail of the head section circumference of an ink-jet recording device. An ink-jet recording device has the ink induction 182, an electrode holder 184, the head plate 186, and a nozzle plate 188. Two or more nozzles 190 which inject ink are formed in the nozzle plate 188. The ink induction 182 has the air supply mouth 181 and the ink inlet 183. The air supply mouth 181 supplies air to an ink cartridge 180. The ink inlet 183 introduces ink from an ink cartridge 180. An ink cartridge 180 has the air inlet 185 and the ink feed hopper 187. The air inlet 185 introduces air from the air supply mouth 181 of the ink induction 182. The ink feed hopper 187 supplies ink to the ink inlet 183 of the ink induction 182. When an ink cartridge 180 introduces air from the ink induction 182, supply of the ink from the ink cartridge 180 to the ink induction 182 is urged. An electrode holder 184 opens for free passage the ink supplied through the ink induction 182 from the ink cartridge 180 on the head plate 186.

[0187] Drawing 41 shows other operation gestalten of an ink cartridge 180 shown in drawing 40 . Base 194a by which ink cartridge 180A of drawing 41 (A) was aslant formed in the vertical direction is equipped with the actuator 106. Inside the ink container 194 of an ink cartridge 180, the breaking-the-water wall 192 is formed in the actuator 106 of predetermined height, and the faced position from the internal base of the ink container 194. Since it is aslant equipped with the actuator 106 to the vertical direction of the ink container 194, it becomes the \*\*\*\*\* fitness of ink.

[0188] The gap filled with ink is formed between an actuator 106 and the breaking-the-water wall 192. Moreover, the interval of the breaking-the-water wall 192 and an actuator 106 is vacated for the grade by which ink is not held according to the vas-capillare force. When the ink container 194 rolls, the wave of ink occurs in the ink container 194 interior by rolling, a gas and a foam are detected by the shock with an actuator 106, and an actuator 106 may incorrect-operate by it. By establishing the breaking-the-water wall 192, the wave of the ink of the actuator 106 neighborhood can be prevented and the incorrect operation of an actuator 106 can be prevented.

[0189] It is equipped with the actuator 106 of ink cartridge 180B of drawing 41 (B) on the side attachment wall of the feed hopper of the ink container 194. As long as it is near the ink feed hopper 187, the side attachment wall or base of the ink container 194 may be equipped with an actuator 106. Moreover, as for an actuator 106, it is desirable that the center of the cross

direction of the ink container 194 is equipped. Since ink passes the ink feed hopper 187 and is supplied outside, ink and an actuator 106 contact certainly to an ink near end time by forming an actuator 106 near the ink feed hopper 187. Therefore, an actuator 106 can detect the time of an ink near end certainly.

[0190] Furthermore, by forming an actuator 106 near the ink feed hopper 187, in case the cartridge electrode holder on carriage is equipped with an ink container, positioning with the actuator 106 on an ink container and the contact on carriage becomes certain. In connection on an ink container and carriage, the positive combination with an ink feed hopper and a supply needle is the most important for the reason. It is because its nose of cam of a supply needle is hurt, or a damage will be given to sealing structures, such as an O ring, and ink will begin to leak, if there is a gap. In order to prevent such a trouble, the ink jet printer usually has the special structure which can do exact alignment, when mounting an ink container on carriage. Therefore, by arranging an actuator near the feed hopper, the alignment of an actuator also becomes a positive thing simultaneously. Furthermore, alignment can be more certainly carried out by equipping the center of the cross direction of the ink container 194 with an actuator 106. It is because there are few the shakes when an ink container carries out axial rocking a center [ a crosswise center line ] at the time of wearing to a electrode holder.

[0191] Drawing 42 shows the operation gestalt of further others of an ink cartridge 180. The cross section to which side-attachment-wall 194b of ink cartridge 180C which showed drawing 42 (A) in the cross section of ink cartridge 180C, and showed drawing 42 (B) to drawing 42 (A) was expanded, and drawing 42 (C) are the perspective drawing from the transverse plane. Ink cartridge 180C is formed on the circuit board 610 with same semiconductor storage means 7 and actuator 106. As shown in drawing 42 (B) and (C), the semiconductor storage means 7 is formed above the circuit board 610, and the actuator 106 is formed under the semiconductor storage means 7 in the same circuit board 610. Side-attachment-wall 194b is equipped with variant O ring 614 so that the circumference of an actuator 106 may be surrounded. Two or more caulking sections 616 for joining the circuit board 610 to the ink container 194 are formed in side-attachment-wall 194b. while the oscillating field of an actuator 106 can be made to perform contacting ink by joining the circuit board 610 to the ink container 194, and forcing variant O ring 614 on the circuit board 610 by the caulking section 616 -- the exterior and the interior of an ink cartridge -- liquid -- it is kept dense

[0192] The terminal 612 is formed in the semiconductor storage means 7 and semiconductor storage means 7 neighborhood. A terminal 612 delivers the signal between the semiconductor storage means 7 and the exteriors, such as ink-jet storage. The semiconductor storage means 7 may be constituted by the rewritable semiconductor memory of EEPROM etc. On the same circuit board 610, since it is, the semiconductor storage means 7 and an actuator 106 end like 1 time of a shipfitter, formation, now in case an actuator 106 and the semiconductor storage means 7 are attached in ink cartridge 180C. Moreover, the routing at the time of manufacture



of ink cartridge 180C and recycling is simplified. Furthermore, since the mark of parts are cut down, the manufacturing cost of ink cartridge 180C can be reduced.

[0193] An actuator 106 detects the consumption state of the ink in the ink container 194. The semiconductor storage means 7 stores the information on ink, such as an ink residue which the actuator 106 detected. That is, the semiconductor storage means 7 stores the information about property parameters, such as the property of the ink used in case it detects, and an ink cartridge. The semiconductor storage means 7 stores resonance frequency when the ink within the time 194 of an end, i.e., an ink container, is consumed as one of the property parameters, when the ink in the ink container 194 is full beforehand (i.e., when ink is filled in the ink container 194). The ink in the ink container 194 may be stored when, as for the resonance frequency of full or an end state, an ink-jet recording device is equipped with an ink container for the first time. Moreover, as for the resonance frequency of full or an end state, the ink in the ink container 194 may be stored during manufacture of the ink container 194. Resonance frequency in case the ink in the ink container 194 is full or an end beforehand is stored in the semiconductor storage means 7, and since dispersion at the time of detecting an ink residue by reading the data of resonance frequency by the ink-jet recording device side can be amended, it is correctly detectable that the ink residue decreased to the reference value.

[0194] Drawing 43 shows the operation gestalt of further others of an ink cartridge 180. Ink cartridge 180D shown in drawing 43 (A) equips side-attachment-wall 194b of the ink container 194 with two or more actuators 106. It is desirable to use two or more really fabricated actuators 106 which were shown in drawing 24 as an actuator 106 of these plurality. Two or more actuators 106 set an interval in the vertical direction, and are arranged at side-attachment-wall 194b. By setting two or more actuators 106 in the vertical direction, and arranging an interval for them in it at side-attachment-wall 194b, an ink residue is gradually detectable.

[0195] Ink cartridge 180E shown in drawing 43 (B) equips side-attachment-wall 194b of the ink container 194 with the actuator 606 long in the vertical direction. Change of the ink residue in the ink container 194 is continuously detectable in the vertical direction with the long actuator 606. As for the length of an actuator 606, it is desirable to have the length more than the half of height in side-attachment-wall 194b, and an actuator 606 has the length to a soffit mostly from the simultaneously upper limit of side-attachment-wall 194b in drawing 43 (B).

[0196] Like ink cartridge 180D shown in drawing 43 (A), ink cartridge 180F shown in drawing 43 (C) equip side-attachment-wall 194b of the ink container 194 with two or more actuators 106, set a predetermined interval to confrontation of two or more actuators 106, and are equipped with the long breaking-the-water wall 192 in the vertical direction. It is desirable to use two or more really fabricated actuators 106 which were shown in drawing 24 as an actuator 106 of these plurality. The gap filled with ink is formed between an actuator 106 and the breaking-the-water wall 192. Moreover, the interval of the breaking-the-water wall 192 and an

actuator 106 is vacated for the grade by which ink is not held according to the vas-capillare force. When the ink container 194 rolls, the wave of ink occurs in the ink container 194 interior by rolling, a gas and a foam will be detected by the shock with an actuator 106, and an actuator 106 may incorrect-operate by it. By establishing the breaking-the-water wall 192 like this invention, \*\*\*\*\* of the ink of the actuator 106 neighborhood can be prevented and the incorrect operation of an actuator 106 can be prevented. Moreover, the foam generated because ink rocks the breaking-the-water wall 192 prevents invading into an actuator 106.

[0197] Drawing 44 shows the operation gestalt of further others of an ink cartridge 180. Ink cartridge 180G of drawing 44 (A) have two or more septa 212 caudad prolonged from upper surface 194c of the ink container 194. Since the predetermined interval is vacated, the soffit of each septum 212 and the base of the ink container 194 are opening the pars basilaris ossis occipitalis of the ink container 194 for free passage. Ink cartridge 180G have two or more hold rooms 213 which two or more septa 212 were alike, respectively, and were therefore divided. The pars basilaris ossis occipitalis of two or more hold rooms 213 is mutually open for free passage. In each of two or more hold rooms 213, upper surface 194c of the ink container 194 is equipped with the actuator 106. It is desirable to use the really fabricated actuator 106 which was shown in drawing 24 as an actuator 106 of these plurality. An actuator 106 is arranged in the center of a simultaneously of upper surface 194c of the hold room 213 of the ink container 194. The capacity of the hold room 213 is becoming small gradually as the capacity of the hold room 213 has the largest ink feed-hopper 187 side and it keeps away from the ink feed hopper 187 into the ink container 194. Therefore, the interval by which an actuator 106 is arranged is narrow as the ink feed-hopper 187 side is large and keeps away from the ink feed hopper 187 into the ink container 194.

[0198] Since ink is discharged from the ink feed hopper 187 and air enters from the air inlet 185, ink is consumed at the hold room 213 of the direction in the inner part of ink cartridge 180G from the hold room 213 by the side of the ink feed hopper 187. For example, while the ink of the hold room 213 near the ink feed hopper 187 was consumed and the water level of the ink of the hold room 213 near the ink feed hopper 187 has fallen, ink is filled at other hold rooms 213. If all the ink of the hold room 213 near the ink feed hopper 187 is consumed, air will count from the ink feed hopper 187, and will trespass upon the 2nd hold room 213, the ink in the 2nd hold room 213 will begin to be consumed, and the water level of the ink of the 2nd hold room 213 will begin to fall. It counts from the ink supply room 187, and ink is filled at this time at the hold room 213 of the 3rd henceforth. Thus, ink is consumed in order at the hold room 213 distant from the hold room 213 near the ink feed hopper 187.

[0199] Thus, since an actuator 106 sets an interval to upper surface 194c of the ink container 194 and is arranged every hold room 213 at it, an actuator 106 can detect reduction of the amount of ink gradually. Furthermore, since the capacity of the hold room 213 is becoming small gradually into the ink feed hopper 187 to the hold room 213, it can detect frequency

highly, so that the time interval to which an actuator 106 detects reduction of the amount of ink becomes small gradually and it approaches an ink end.

[0200] Ink cartridge 180H of drawing 44 (B) have one septum 212 caudad prolonged from upper surface 194c of the ink container 194. Since the predetermined interval is vacated, the soffit of a septum 212 and the base of the ink container 194 are opening the pars basilaris ossis occipitalis of the ink container 194 for free passage. Ink cartridge 180H have two hold rooms 213a and 213b divided by the septum 212. The pars basilaris ossis occipitalis of the hold rooms 213a and 213b is mutually open for free passage. The capacity of hold room 213a by the side of the ink feed hopper 187 is seen from the ink feed hopper 187, and is larger than the capacity of hold room 213b in the direction of back. As for the capacity of hold room 213b, it is desirable that it is smaller than the half of the capacity of hold room 213a.

[0201] Upper surface 194c of hold room 213b is equipped with an actuator 106. Furthermore, the buffer 214 which is the slot which catches the foam into which it goes at the time of manufacture of ink cartridge 180H is formed in hold room 213b. In drawing 44 (B), a buffer 214 is formed as a slot prolonged in the upper part from side-attachment-wall 194b of the ink container 194. Since the foam which invaded in ink hold room 213b is caught, as for a buffer 214, an actuator 106 can prevent an ink end and the incorrect operation to detect with a foam. Moreover, ink can be consumed to the last by applying the amendment corresponding to the consumption state of the ink in hold room 213a grasped by the dot counter to the amount of ink after an ink near end is detected until it will be in ink and a state completely by forming an actuator 106 in upper surface 194c of hold room 213b. Furthermore, the amount of ink after ink near end detection which can be consumed is changeable by adjusting the capacity of hold room 213b by changing the length and the interval of a septum 212 etc.

[0202] drawing 44 (C) -- hold room 213b of ink cartridge 180I of drawing 44 (B) -- porosity -- it fills up with the member 216 porosity -- a member 216 is installed so that the whole space from the upper surface in hold room 213b to an inferior surface of tongue may be buried porosity -- a member 216 contacts an actuator 106 During reciprocating movement the time of an ink container falling, and on carriage, air may invade in ink hold room 213b, and this may cause the incorrect operation of an actuator 106. however, porosity -- if it has the member 216, it can prevent catching air and air going into an actuator 106 moreover, porosity -- since a member 216 holds ink, when an ink container shakes, it can prevent applying ink to an actuator 106 and an actuator 106 incorrect-detecting those without ink with those with ink porosity -- as for a member 216, it is desirable to install in the hold room 213 where capacity is the smallest Moreover, by forming an actuator 106 in upper surface 194c of nature of hold 213b, amendment can be applied to the amount of ink after an ink near end is detected until it will be in ink and a state completely, and ink can be consumed to the last. Furthermore, the amount of ink after ink near end detection which can be consumed is changeable by adjusting the capacity of hold room 213b by changing the length and the interval of a septum 212 etc.

[0203] drawing 44 (D) -- the porosity of ink cartridge 180I of drawing 44 (C) -- two kinds of porosity from which an aperture differs [ a member 216 ] -- ink cartridge 180J constituted by Members 216A and 216B are shown porosity -- a member -- 216A -- porosity -- a member -- it is arranged above 216B upper porosity -- a member -- the aperture of 216A -- lower porosity -- a member -- it is larger than the aperture of 216B or porosity -- a member -- 216A -- porosity -- a member -- liquid compatibility is formed by the low member rather than 216B the small porosity of an aperture -- a member -- the porosity of an aperture with the larger 216B -- a member -- since the vas-capillare force is larger than 216A, the ink in hold room 213b gathers for lower porous room member 216B, and is held Therefore, once even an actuator 106 reaches and air detects those without ink, ink will reach an actuator again and it will not detect with those with ink. furthermore, the porosity of a side far from an actuator 106 -- a member -- \*\*\*\*\* of about 106-actuator ink becomes good by ink being absorbed by 216B, and the variation of the acoustic-impedance change when detecting ink existence becomes large Moreover, by forming an actuator 106 in upper surface 194c of nature of hold 213b, amendment can be applied to the amount of ink after an ink near end is detected until it will be in ink and a state completely, and ink can be consumed to the last. Furthermore, the amount of ink after ink near end detection which can be consumed is changeable by adjusting the capacity of hold room 213b by changing the length and the interval of a septum 212 etc.

[0204] Drawing 45 is the cross section showing ink cartridge 180K which are other operation gestalten of ink cartridge 180I shown in drawing 44 (C). the porosity of an ink cartridge 180 shown in drawing 45 -- a member 216 -- porosity -- it is compressed so that the cross section with the horizontal lower part of a member 216 becomes small gradually towards the direction of the base of the ink container 194, and it is designed so that an aperture may become small ink cartridge 180K of drawing 45 (A) -- porosity -- in order to compress so that the aperture in the direction of under a member 216 becomes small, the rib is prepared in the side attachment wall porosity -- a member -- since the aperture of the 216 lower part is small by being compressed -- ink -- porosity -- a member -- it is collected in the 216 lower part and held the porosity of a side far from an actuator 106 -- a member -- by ink being absorbed by the 216 lower part, \*\*\*\*\* of about 106-actuator ink becomes good, and the variation of the acoustic-impedance change when detecting ink existence becomes large Therefore, when ink shakes, ink is applied to the actuator 106 with which the ink cartridge 180K upper surface was equipped, it can keep, and an actuator 106 can prevent incorrect-detecting those without ink with those with ink.

[0205] on the other hand -- ink cartridge 180L of drawing 45 (B) and drawing 45 (C) -- porosity -- in order that the cross section with the horizontal lower part of a member 216 may compress in the cross direction of the ink container 194 to become small gradually towards the base of the ink container 194, the horizontal cross section of a hold room is becoming small gradually towards the direction of the base of the ink container 194 porosity -- a member -- since the



aperture of the 216 lower part is small by being compressed -- ink -- porosity -- it is collected in the lower part of a member 216, and is held the porosity of a side far from an actuator 106 -- a member -- by ink being absorbed by the lower part of 216B, \*\*\*\*\* of about 106-actuator ink becomes good, and the variation of the acoustic-impedance change when detecting ink existence becomes large. Therefore, when ink shakes, ink is applied to the actuator 106 with which the upper surface of ink cartridge 180L was equipped, it can keep, and an actuator 106 can prevent incorrect-detecting those without ink with those with ink.

[0206] Drawing 46 shows the operation form of further others of the ink cartridge which used the actuator 106. Ink cartridge 220A of drawing 46 (A) has the 1st septum 222 prepared so that it might be prolonged from the upper surface of ink cartridge 220A to a lower part. Since the predetermined interval is vacated between the soffit of the 1st septum 222, and the base of ink cartridge 220A, ink can flow into the ink feed hopper 230 through the base of ink cartridge 220A. From the 1st septum 222, the 2nd septum 224 is formed in the ink feed-hopper 230 side so that it may be prolonged more nearly up than the base of ink cartridge 220A. Since the predetermined interval is vacated between the upper limit of the 2nd septum 224, and the ink cartridge 220A upper surface, ink can flow into the ink feed hopper 230 through the upper surface of ink cartridge 220A.

[0207] Of the 1st septum 222, it sees from the ink feed hopper 230, and 1st hold room 225a is formed in the direction in the inner part of the 1st septum 222. On the other hand, of the 2nd septum 224, it sees from the ink feed hopper 230, and 2nd hold room 225b is formed in the near side of the 2nd septum 224. The capacity of 1st hold room 225a is larger than the capacity of 2nd hold room 225b. The capillary tube way 227 is formed by vacating only the interval which can cause capillarity between the 1st septum 222 and the 2nd septum 224. Therefore, the ink of 1st hold room 225a is brought together in the capillary tube way 227 according to the vas-capillare force of the capillary tube way 227. Therefore, a gas and a foam can prevent mixing to 2nd hold room 225b. Moreover, the water level of the ink in 2nd hold room 225b can descend gradually stably. Since it sees from the ink feed hopper 230 and 1st hold room 225a is formed in the back from 2nd hold room 225b, after the ink of 1st hold room 225a is consumed, the ink of 2nd hold room 225b is consumed.

[0208] The side attachment wall by the side of the ink feed hopper 230 of ink cartridge 220A, i.e., the side attachment wall by the side of the ink feed hopper 230 of 2nd hold room 225b, is equipped with the actuator 106. An actuator 106 detects the consumption state of the ink in 2nd hold room 225b. By equipping the side attachment wall of 2nd hold room 225b with an actuator 106, when near, an ink residue is stably detectable with an ink end. Furthermore, it can set up freely which time the ink residue in is made into an ink end by changing the height which equips the side attachment wall of 2nd hold room 225b with an actuator 106. Since an actuator 106 is not influenced by the ink by rolling of ink cartridge 220A of rolling when ink is supplied to 2nd hold room 225b by the capillary tube way 227 from 1st hold room 225a, an

actuator 106 can measure an ink residue certainly. Furthermore, since the capillary tube way 227 holds ink, ink protects flowing backwards to 1st hold room 225a from 2nd hold room 225b.

[0209] The check valve 228 is formed in the upper surface of ink cartridge 220A. With a check valve 228, when ink cartridge 220A rolls, it can prevent ink leaking to the ink cartridge 220A exterior. Furthermore, the evaporation from ink cartridge 220A of ink can be prevented by installing a check valve 228 in the upper surface of ink cartridge 220A. If the ink in ink cartridge 220A is consumed and the negative pressure in ink cartridge 220A exceeds the pressure of a check valve 228, a check valve 228 will open, air will be inhaled to ink cartridge 220A, it will close after that, and the pressure in ink cartridge 220A will be held uniformly.

[0210] Drawing 46 (C) and (D) show the detailed cross section of a check valve 228. The check valve 228 of drawing 46 (C) has the valve 232 which has wing 232a formed of rubber. The air hole 233 with the exterior of an ink cartridge 220 counters wing 232a, and is prepared in an ink cartridge 220. An air hole 233 is opened and closed by wing 232a. If the ink in an ink cartridge 220 decreases in number and, as for a check valve 228, the negative pressure in an ink cartridge 220 exceeds the pressure of a check valve 228, wing 232a will open inside an ink cartridge 220, and will take in external air in an ink cartridge 220. The check valve 228 of drawing 46 (D) has the valve 232 and spring 235 which were formed of rubber. If the negative pressure in an ink cartridge 220 exceeds the pressure of a check valve 228, a valve 232 will press and open a spring 235, will inhale external air in an ink cartridge 220, will close a check valve 228 after that, and it will hold the negative pressure in an ink cartridge 220 uniformly.

[0211] instead of ink cartridge 220B of drawing 46 (B) forming a check valve 228 in ink cartridge 220A of drawing 46 (A) -- 1st hold room 225a -- porosity -- the member 242 is arranged porosity -- a member 242 prevents ink leaking to the exterior of ink cartridge 220B, when ink cartridge 220B rolls, while holding the ink in ink cartridge 220B

[0212] As mentioned above, in the carriage and the ink cartridge of another object with which carriage is equipped, although the case where an ink cartridge or carriage was equipped with an actuator 106 was described, it unites with carriage and the ink tank with which an ink-jet recording device is equipped with carriage may be equipped with an actuator 106. Furthermore, you may equip with an actuator 106 the ink tank of the off-carriage method which supplies ink to carriage through the tube of carriage and another object etc. Furthermore, you may equip with the actuator of this invention the ink cartridge which the recording head and the ink container were united and was constituted possible [ exchange ].

[0213] Various kinds of ink cartridges with an ink consumption detection function concerning the form of this operation were explained beyond "the liquid sensor and the storage means (consumption information memory)." These ink cartridges were equipped with liquid sensors (actuator etc.) and the storage means (semiconductor storage means). As a feature of the form of this operation, the function and advantage which are acquired with the combination of these composition are explained below.

[0214] When drawing 47 is referred to, an ink cartridge 800 is equivalent to the cartridge of drawing 1. An ink cartridge 800 has the liquid sensor 802 and the consumption information memory 804. The liquid sensor 802 consists of the elastic-wave generating meanses or actuators which were mentioned above, and outputs the signal according to the ink consumption state. The consumption information memory 804 is one form of the storage means for the liquid containers of this invention. The consumption information memory 804 is the rewritable memory of EEPROM etc., and is equivalent to an above-mentioned semiconductor storage means (drawing 1, reference number 7).

[0215] The record device control section 810 consists of computers which control an ink-jet recording device. The record device control section 810 has the consumption detection processing section 812. Ink consumption detection equipment is constituted by the consumption detection processing section 812, the liquid sensor 802, and the consumption information memory 804. The consumption detection processing section 812 controls the liquid sensor 802, detects a consumption state, writes consumption related information in the consumption information memory 804, and reads consumption related information from the consumption information memory 804 further.

[0216] The record device control section 810 has the consumption information presentation section 814 and the printing motion-control section 816 further. The consumption information presentation section 814 shows a user the consumption status information which the consumption detection processing section 812 detected using a display 818 and a loudspeaker 820. The figure which shows an ink residue to a display 818 is displayed, and the information sound or the synthesized speech which shows an ink residue is outputted from a loudspeaker 820. Suitable operation may be guided by the synthesized speech.

[0217] The printing motion-control section 816 controls the printing right hand side 822 based on the consumption status information which the consumption detection processing section 812 detected. The printing right hand sides 822 are a print head, head move equipment, form-feed equipment, etc. For example, when it is judged that the ink residue of the consumption detection processing section 812 was lost, the printing right hand side 822 is made to stop printing operation.

[0218] The record device control section 810 may control the composition of further others based on the detected consumption state. For example, ink supplement equipment, an ink cartridge swap device, etc. may be prepared, and they may be controlled.

[0219] Next, the consumption information memory 804 is explained in detail. The consumption information memory 804 memorizes the consumption related information relevant to the detection of a consumption state which used the liquid sensor 802. Consumption related information includes the detected consumption status information. Consumption status information is memorized by the consumption status information storage section 806 of the consumption information memory 804. The consumption detection processing section 812

writes the consumption status information acquired using the liquid sensor 802 in the consumption status information storage section 806. And this consumption status information is read and it is used in the record device control section 810.

[0220] It is advantageous in especially the desorption of an ink cartridge 800 to memorize consumption status information in the consumption information memory 804. Where ink is consumed to the middle, suppose that the ink cartridge 800 was removed from the ink-jet recording device. There is always consumption information memory 804 which memorized the ink consumption state together with an ink cartridge 800. The same ink-jet recording device is again equipped with an ink cartridge 800, or another ink-jet recording device is equipped with it. At this time, a consumption state is read from the consumption information memory 804, and the record device control section 810 operates based on the consumption state. For example, it turns out that it was equipped with the cartridge with few [ ink ] empty or ink residues, and that is told to a user. Thus, the consumption status information before an ink cartridge 800 can be certainly used after desorption.

[0221] Consumption status information may memorize further the consumption state presumed from the amount of printings. The amount of printings is expressed with the number of dots of ink-jet record for example. The amount of ink corresponding to one dot is known beforehand. The difference of the amount of ink according to the size of a dot may be taken into consideration. Ink consumption can be presumed from the number of dots in printing processing. The liquid sensor 802 can detect passage of an ink oil level certainly. Then, it is suitable to presume the ink consumption state before and after oil-level passage from the amount of printings. This estimate is stored in the consumption information memory 804.

[0222] In addition, detection of the oil-level passage by the liquid sensor 802 is realized based on change of the residual vibration state mentioned above, for example. The residual vibration state corresponds to the acoustic impedance. Moreover, oil-level passage may be detected using the reflected wave to the elastic wave mentioned above.

[0223] Moreover, consumption related information includes detection property information. Detection property information is information used when acquiring a consumption situation using a liquid sensor. With the gestalt of this operation, detection property information is the property which should be detected according to the consumption state of a liquid. Detection property information is information on the resonance frequency showing the size of an acoustic impedance. With the gestalt of this operation, front [ consumption ] detection property information and the detection property information after consumption are memorized as detection property information. The detection property information before consumption shows the detection property, i.e., the detection property in an ink full state, before starting consumption of ink. The detection property information after consumption shows the detection property of the schedule detected when ink is consumed to predetermined detection goals, and a detection property when an ink oil level is specifically less than the liquid sensor 802.



[0224] The consumption detection processing section 812 reads detection property information, and detects an ink consumption state using the liquid sensor 802 based on the detection property information. When the detecting signal corresponding to the detection property before consumption is obtained, consumption of ink does not progress yet but is considered that there are many residues of ink. It certainly turns out that an ink oil level is above the liquid sensor 802 at least. On the other hand, when the detecting signal corresponding to the detection property after consumption is obtained, consumption of ink progresses and there are few residues. The ink oil level is less than the liquid sensor 802.

[0225] One of the advantages of memorizing detection property information in the consumption information memory 804 is explained. A detection property is decided by various kinds of factors, such as a configuration of an ink cartridge, specification of a liquid sensor, and specification of ink. When design changes, such as improvement, are performed, a detection property may also change. If the consumption detection processing section 812 uses the always same detection property information, dealing with change of such a detection property is not easy. On the other hand, detection property information is memorized and used for the consumption information memory 804 with the gestalt of this operation. Therefore, change of a detection property can be coped with easily. Of course, when the ink cartridge of new specification is offered, a recording device can use the detection property information on the cartridge easily.

[0226] Still more preferably, the detection property information for each ink cartridge of every is measured, and it is stored in the consumption information memory 804. even when the specification of an ink cartridge is the same, a detection property changes with manufacture dispersion For example, detection properties differ according to the configuration and thickness of a container. With the form of this operation, since each ink cartridge has the consumption information memory 804, detection property information peculiar to the consumption information memory 804 is storable. The influence of detection on manufacture dispersion can be reduced, and detection precision can be improved. Thus, the form of this operation is advantageous to a difference of the detection property of each ink cartridge.

[0227] Moreover, detection property information may take the form of the "amendment information" on an amendment sake for the information for the detection which the printer driver of a printer (ink-jet recording device) has beforehand. The printer driver has the property information on the criteria for detection. The detection property information on the memory by the side of a cartridge is information on an amendment sake about the property information on criteria according to the individual differences of a cartridge according to the kind of cartridge. Concrete correction value is sufficient as detection property information. Or the delimiter of an amendment sake is sufficient as the detection property information as amendment information. Amendment corresponding to this delimiter is performed by the printer side.

[0228] The consumption information memory 804 memorizes the information about ink as a storage means of the liquid container of this invention further. The consumption information memory 804 memorizes ink kind information. Furthermore, this storage means memorizes the date of manufacture, cleaning sequence information, image-processing information, etc. These information can be used suitable also for control of an ink-jet recording device.

[0229] Drawing 48 shows processing of the consumption detection processing section 812 using the consumption information memory 804. First, it is judged whether it was equipped with the ink cartridge (S10). Having been equipped with the ink cartridge used to a new article or the middle is detected. This processing uses the switch with which the ink-jet recording device was equipped (not shown). If equipped with a cartridge, detection property information will be read from the consumption information memory 804 (S12), and consumption status information will be read further (S14). The consumption information presentation section 814 of the record device control section 810 and the printing motion-control section 816 use the read consumption status information.

[0230] The consumption detection processing section 812 detects an ink consumption state using the liquid sensor 802 based on the read detection property information (S16). The detected consumption state is stored in the consumption information memory 804 (S18). This consumption state is also used for the record device control section 810. If it is judged whether the ink cartridge was removed (S20) and it is not removed, it returns to S16.

[0231] Next, the suitable timing which stores detection property information in the consumption information memory 804 is explained. Here, it assumes storing the actual measurement of the detection property of each ink cartridge.

[0232] If drawing 49 is referred to, the new ink cartridge carries the consumption information memory 804 which stored the standard detection property. A detection property is measured after an ink-jet recording device is equipped with this ink cartridge. A detection property is measured in between before a printing start from wearing. It is desirable to measure a detection property immediately after wearing to ensure measurement.

[0233] A detection property is measured by the same method as detection of the usual ink consumption. A consumption state is detected using the liquid sensor 802, and the detection result (measured value) is recorded as a detection property at the time of a new article. The standard detection property of initial setting is changed into measured value. A start of printing detects a consumption state using the detection property after correction. The advance situation of ink consumption is grasped as a detection property from the difference with the detection result newly obtained.

[0234] According to the form of this operation, by adjustment of such an early detection property, dispersion based on the individual difference of an ink cartridge can be absorbed appropriately, and improvement in detection precision can be aimed at.

[0235] Another suitable timing which stores a detection property in the consumption

information memory 804 is explained. A detection property measure of information value may be stored in the manufacture process of an ink cartridge. Also in this case, dispersion based on the individual difference of an ink cartridge can be absorbed appropriately, and detection precision can be improved. Moreover, with this form, the measurement and record of a detection property before ink pouring are possible. Therefore, the measured value of both the detection property information before consumption and the detection property information after consumption is storable in the consumption information memory 804.

[0236] Next, arrangement of the liquid sensor 802 on an ink cartridge 800 and the consumption information memory 804 is explained.

[0237] As for the liquid sensor 802 and the consumption information memory 804, it may be arranged in a different place on an ink cartridge 800 ( drawing 1 , drawing 7 , etc.). Both composition may be arranged in a different place on the same wall surface on an ink cartridge 800 ( drawing 42 ). It may be arranged at the wall surface from which, as for both composition, an ink cartridge 800 differs, respectively ( drawing 1 etc.). The wall surface in which the liquid sensor 802 is installed may lie at right angles to the wall surface in which the consumption information memory 804 is installed ( drawing 7 , drawing 9 ).

[0238] Reference of drawing 50 is preferably equipped with the liquid sensor 802 and the consumption information memory 804 in the center of the container cross direction. In drawing 50 , the feed hopper 830 is formed in the cartridge undersurface. The liquid sensor 802 and the consumption information memory 804 are formed in the wall. There are all these in the center of the container cross direction. Furthermore, the liquid sensor 802 and the consumption information memory 804 are formed near the feed hopper 830. The advantage of such arrangement is explained below.

[0239] Drawing 51 (a) and drawing 51 (b) show the example of composition of positioning of a feed hopper. The square locating lug 832 is formed in the circumference of the feed hopper under a cartridge (not shown). A locating lug 832 is inserted in the positioning crevice 834 by the side of a recording device. The positioning crevice 834 has a locating lug 832 and a corresponding configuration.

[0240] With the above-mentioned composition, an ink cartridge is positioned by the ink-jet recording device by the feed hopper 830. Both a feed hopper 830, the liquid sensor 802, and the consumption information memory 804 are formed in the center of the cross direction of a container. Therefore, the amount of position gaps of the liquid sensor 802 by such rotation though equipped with a cartridge in the state where it rotated somewhat horizontally focusing on the feed hopper 830, and the consumption information memory 804 decreases, and, thereby, positioning accuracy can be improved.

[0241] Furthermore, as shown in the above-mentioned example, generally high positioning accuracy is required of a feed hopper, and the composition for positioning which fills this demand is prepared. By preparing a sensor and memory near the feed hopper, the composition

for positioning of a feed hopper functions also as composition for positioning of a sensor and memory. One composition for positioning acts not only on a feed hopper but on a sensor and memory. Positioning of a sensor and memory can be performed with easy composition. And improvement in detection precision can also be aimed at.

[0242] Moreover, with the form of one operation, it is prepared on a desirable consumption detection substrate with same liquid sensor 802 and consumption information memory 804. Drawing 42 shows the example of such composition. In drawing 42, semiconductor memory 7 and the actuator 106 are formed in the same substrate 610. According to this composition, attachment of a sensor and memory is easy. In drawing 52, further, the consumption detection substrate 836 is near the feed hopper 830, and is arranged in the center of the container cross direction. Thereby, a position gap can be made small as mentioned above.

[0243] Moreover, a consumption detection substrate is preferably equipped with the attachment module object with which a liquid sensor (actuator) and the attachment structure were unified. The attachment module object is shown in drawing 32 etc. By adoption of an attachment module object, as mentioned above, a liquid sensor can be protected from the exterior. Moreover, attachment can become easy, work can be simplified and reduction of cost can be aimed at.

[0244] If it returns to drawing 42, with the form of this operation, the positioning structure of positioning a consumption detection substrate to a liquid container is established. Although the reference number is omitted in drawing 42, as shown in the side elevation of drawing 42 (B), two or more salients for substrate attachment have projected toward the outside from the ink cartridge. This salient has a positioning function. The number of a salient is five. As shown in the front view of drawing 42 (C), the salient of two is prepared in one up and prepared in the center at 2 and a lower part. These salients have fitted into the tooling holes (and mounting hole) of a substrate 610. Since a substrate is positioned correctly by this, attaching position precision can be improved.

[0245] The positioning structure of a substrate is not limited above. A salient may engage with a notch slot. A substrate may get into the crevice by the side of a container. At the time of wearing, the periphery of a substrate is restrained by the wall of a crevice and, thereby, positioning is realized. The perimeter of a crevice and the perimeter of a substrate do not need to have the same configuration. At least two ribs may be prepared in a crevice, and a substrate may be pinched by these ribs.

[0246] Next, the gestalt of another operation of this invention is explained.

[0247] Drawing 53 is the functional block diagram of the ink-jet recording device equipped with the ink consumption detection equipment of the gestalt of this operation. Unlike the composition of drawing 47, an ink cartridge 900 is equipped only with the liquid sensor 902. The consumption information memory 910 is arranged at the record device control section 904.

[0248] The recording device control section 904 has the consumption detection processing



section 906, the consumption information presentation section 912, and the printing motion-control section 914 like the composition of drawing 47. The consumption information presentation section 912 shows a user the detected consumption state using a display 916 and a loudspeaker 918. The printing motion-control section 914 controls the printing right hand side 920 based on the detected consumption state.

[0249] The record device control section 904 has the cartridge discernment section 908 further. Ink consumption detection equipment is constituted by the consumption detection processing section 906, the cartridge discernment section 908, the consumption information memory 910, and the liquid sensor 902.

[0250] The cartridge discernment section 908 discriminates the ink cartridge with which the ink-jet recording device is equipped. The consumption related information corresponding to the discriminated ink cartridge is read from the consumption information memory 910. As mentioned above, consumption related information includes consumption status information and detection property information. The consumption status information which it is as a result of detection is used in the consumption information presentation section 912 and the printing motion-control section 914. Detection property information is used for detection processing in the consumption detection processing section 906.

[0251] The example of above detection equipment of operation is explained. When equipped with an ink cartridge 900, the cartridge discernment section 908 discriminates an ink cartridge 900, and records identification information on the consumption information memory 910. For example, the identification number attached to the ink cartridge 900 is read. Identification information may come to hand from the liquid sensor 902. Moreover, in the case of wearing, as explained using drawing 49, a detection property is measured and it is stored in the consumption information memory 910. A consumption state is measured using this detection property, and it is recorded on the consumption information memory 910.

[0252] An ink cartridge 900 is removed and suppose that it was equipped again. At this time, the information on the cartridge with which it was re-equipped remains in the consumption information memory 910. The information is read and it is used for subsequent processings.

[0253] Thus, according to the form of this operation, even when consumption information memory is arranged at the recording device side, the same advantage as the form of above-mentioned operation is acquired.

[0254] Various kinds of further deformation adapting the form of this operation is also possible. For example, consumption information memory may be divided into an ink cartridge and the record device control section. One side may record a consumption state and another side may record detection property information. Moreover, one side may record standard detection property information, and another side may record the measured value of a detection property.

[0255] With the form of another operation, consumption information memory may be prepared in an ink cartridge, and a liquid sensor may be formed in a recording device side. The example

of such composition is shown in drawing 15. Furthermore, the composition which prepared both a liquid sensor and consumption information memory in the recording device is also employable.

[0256] Other modifications about the form of operation are explained.

[0257] With the form of this operation, the consumption state which it is as a result of detection, and the detection property information used for detection were recorded on consumption information memory as consumption related information. On the other hand, only one information may be recorded.

[0258] In drawing 47 and drawing 52, one liquid sensor was formed in the ink cartridge. On the other hand, two or more liquid sensors may be formed. A consumption state more detailed than using the liquid sensor of these plurality is recorded. Moreover, it is desirable to record detection property information for each liquid sensor.

[0259] The liquid sensor was constituted from the piezoelectric device by the form of this operation. As mentioned above, change of an acoustic impedance may be detected using a piezoelectric device. A consumption state may be detected using the reflected wave to an elastic wave. The time from generating of an elastic wave to arrival of a reflected wave is found. A consumption state should just be detected by a certain principle using the function of a piezoelectric device.

[0260] With the form of this operation, while the liquid sensor generated vibration, the detecting signal which shows an ink consumption state was generated. On the other hand, a liquid sensor generates vibration personally and may also drop off. That is, a line trap potato is good in both oscillating generating and a detecting-signal output. Vibration is generated by another actuator. Or when vibration occurs in an ink cartridge with movement of carriage etc., a liquid sensor may generate the detecting signal which shows an ink consumption state. Ink consumption is detected by printer operation using vibration generated automatically, without generating vibration positively.

[0261] The function of drawing 47 and the recording device control section of drawing 52 does not need to be realized by the computer of a recording device. A part or all functions may be prepared in an external computer. A display and a loudspeaker may also be prepared in an external computer.

[0262] With the gestalt of this operation, the liquid container was an ink cartridge and liquid use equipment was an ink-jet recording device. However, ink containers other than an ink cartridge and an ink tank are sufficient as a liquid container. For example, the sub tank of a head end may be used. Moreover, the so-called off-carriage type of cartridge is sufficient as an ink cartridge. Furthermore, this invention may be applied to the container which holds liquids other than ink.

[0263] As mentioned above, although this invention was explained using the gestalt of operation, the technical range of this invention is not limited to the range given in the gestalt of the above-mentioned implementation. Various change or improvement can be added to the

gestalt of the above-mentioned implementation. It is clear from the publication of a claim that the gestalt's which added such change or improvement it may be contained in the technical range of this invention.

[0264]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, by adoption of composition of equipping a liquid container with a storage means, a detection result can be used suitably and improvement in ability to detect is attained.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing monochrome, for example, one example of the ink cartridge for black ink.

[Drawing 2] It is drawing showing one example of the ink cartridge which holds two or more kinds of ink.

[Drawing 3] It is drawing showing one example of the ink-jet recording device suitable for the ink cartridge shown in drawing 1 and 2.

[Drawing 4] It is drawing showing the detailed cross section of the sub tank unit 33.

[Drawing 5] It is drawing showing the manufacture method of the elastic-wave generating meanses 3, 15, 16, and 17.

[Drawing 6] It is drawing showing other operation forms of the elastic-wave generating means 3 shown in drawing 5.

[Drawing 7] It is drawing showing other examples of the ink cartridge of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing the example of further others of the ink cartridge of this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing the example of further others of the ink cartridge of this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing the example of further others of the ink cartridge of this invention.

[Drawing 11] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the ink cartridge of this invention.

[Drawing 12] It is drawing showing other operation gestalten of an ink cartridge shown in drawing 11.

[Drawing 13] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the ink cartridge of this invention.

[Drawing 14] It is drawing showing the flat surface of the operation gestalt of further others of breakthrough 1c.

[Drawing 15] It is drawing showing the cross section of the operation gestalt of the ink-jet recording device of this invention.

[Drawing 16] It is drawing showing the operation gestalt of the ink cartridge suitable for the recording device shown in drawing 15 .

[Drawing 17] It is drawing showing other operation gestalten of the ink cartridge 272 of this invention.

[Drawing 18] It is drawing showing the ink cartridge 272 of this invention, and the operation gestalt of further others of an ink-jet recording device.

[Drawing 19] It is drawing showing other operation gestalten of an ink cartridge 272 shown in drawing 16 .

[Drawing 20] It is drawing showing the detail of an actuator 106.

[Drawing 21] It is drawing showing the circumference of an actuator 106, and its equal circuit.

[Drawing 22] It is drawing showing the relation between the density of ink, and the resonance frequency of the ink detected by the actuator 106.

[Drawing 23] It is drawing showing the counter-electromotive-force wave of an actuator 106.

[Drawing 24] It is drawing showing other operation gestalten of an actuator 106.

[Drawing 25] It is drawing showing some cross sections of the actuator 106 shown in drawing 24 .

[Drawing 26] It is drawing showing the cross section of the whole actuator 106 shown in drawing 26 .

[Drawing 27] It is drawing showing the manufacture method of the actuator 106 shown in drawing 24 .

[Drawing 28] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the ink cartridge of this invention.

[Drawing 29] It is drawing showing other operation gestalten of breakthrough 1c.

[Drawing 30] It is drawing showing other operation gestalten of an actuator 660.

[Drawing 31] It is drawing showing the operation form of further others of an actuator 670.

[Drawing 32] It is the perspective diagram showing the module object 100.

[Drawing 33] It is the exploded view showing the composition of the module object 100 shown in drawing 32 .

[Drawing 34] It is drawing showing other operation forms of the module object 100.

[Drawing 35] It is the exploded view showing the composition of the module object 100 shown in drawing 34 .

[Drawing 36] It is drawing showing the operation form of further others of the module object 100.

[Drawing 37] It is drawing showing the example of the cross section which equipped the ink container 1 with the module object 100 shown in drawing 32 .

[Drawing 38] It is drawing showing the operation form of further others of the module object



100.

[Drawing 39] It is drawing showing the operation form of the ink cartridge using the actuator 106 shown in drawing 20 and drawing 21 , and an ink-jet recording device.

[Drawing 40] It is drawing showing the detail of an ink-jet recording device.

[Drawing 41] It is drawing showing other operation forms of an ink cartridge 180 shown in drawing 40 .

[Drawing 42] It is drawing showing the operation form of further others of an ink cartridge 180.

[Drawing 43] It is drawing showing the operation form of further others of an ink cartridge 180.

[Drawing 44] It is drawing showing the operation form of further others of an ink cartridge 180.

[Drawing 45] It is drawing showing other operation forms of an ink cartridge 180 shown in drawing 44 (C).

[Drawing 46] It is drawing showing the operation form of further others of the ink cartridge using the module object 100.

[Drawing 47] It is the block diagram showing the composition which prepares a liquid sensor and consumption information memory in an ink cartridge with an ink-jet recording device.

[Drawing 48] It is the flow chart which shows operation of the consumption detection processing section of drawing 46 .

[Drawing 49] It is drawing showing the record timing of the detection property to the consumption information memory of drawing 46 .

[Drawing 50] It is drawing showing the liquid sensor to an ink cartridge, and the example of arrangement of consumption information memory.

[Drawing 51] It is drawing showing the example of arrangement of the feed hopper of an ink cartridge.

[Drawing 52] It is drawing showing the liquid sensor to an ink cartridge, and the example of arrangement of consumption information memory.

[Drawing 53] It is drawing showing the example of the ink-jet recording device concerning the form of another operation.

[Description of Notations]

800 Ink Cartridge

802 Liquid Sensor

804 Consumption Information Memory

806 Consumption Status Information Storage Section

808 Detection Property Information Storage Section

810 Record Device Control Section

812 Consumption Detection Processing Section

814 Consumption Information Presentation Section

816 Printing Motion Control Section

---

[Translation done.]